

Hannu Honkanen

PIENTALON IKKUNOIDEN VAIH- TO MATALAENERGIAIKKUNOIKSI ELINKARIKUSTANNUKSIA AJA- TELLEN

Opinnäytetyö

Ympäristötekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 25.5.2010	
Tekijä(t) Hannu Honkanen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan koulutusohjelma, Insinööri (ylempi AMK)	
Nimeke Pientalon ikkunoiden vaihto matalaenergiakikunoiksi elinkaarikustannuksia ajatellen.			
Tiivistelmä <p>Suomi on v. 2007 allekirjoittanut EU:n ympäristösopimukset. Opinnäytetyössä esitellään lyhyesti energianmuutosopimuksia. Rakennusten energiatehokkuus ja ilmanpitävyys ovat nousseet rakentamisessa tärkeiksi tekijöiksi 2000-luvulla.</p> <p>Suomessa tuli voimaan 2008 laki rakennusten energiatodistuksista, jolla pantiin täytäntöön EU:n direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta 2002/91/EY. Rakennusmääräyksiä rakennusten energiatehokkuudesta on muutettu mm. vuosina 2003 ja 2007 sekä uusin muutos, joka astuu voimaan vuonna 2010. Rakennusten energiankulutuksen kasvun rajoittamisessa on loppupeleissä kysymyksessä ilmastomuutoksen hillitsemistalkoot. EU hyväksyi vuonna 2007 energia- ja ilmastopakettia, jossa tavoitellaan mittavia energiasäästöjä jokaisella sektorilla.</p> <p>Käsittelen opinnäytetyössäni perinteisen kolmilasiseen MSK- ikkunan ja uuden matalaenergiakikunan vaikutuksia rakennuksen energian kulutukseen pientalossa. Lyhenne MSK tarkoittaa moduulimitoitettua kolmilasista sisäänpäin aukeavaa ikkunaa. Ikkunan eristävyyttä kuvaa U-arvo, joka kuvaa kuinka paljon energiaa pääsee huoneesta ulos talvella ikkunan kautta. U-arvon yksikkö on W/m²K. Ikkunoiden energialuokitus on kehitetty, jotta kuluttajat voisivat mahdollisimman helposti vertailla eri ikkunamallien energiatehokkuutta.</p> <p>Tutkimuskohde on vuonna 1981 valmistunut pientalo, johon pyysin tarjoukset eri ikkunavalmistajilta hintojen selvittämiseksi. Laskentaosuudessa käyn läpi elinkaarilaskentaa investoinnin kannattavuuden osalta ja takaisinmaksuaikaa eri energiamuodoilla.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Rakennusten energiatehokkuus, ET-luku, U-arvo, Ikkuna Saneeraus, matalaenergiakikuna, elinkaari, energia-avustus, infrapunakamera.			
Sivumäärä 51 + 7 liite1	Kieli suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2010A1356	
Huomautus (huomautukset liitteistä) 			
Ohjaavan opettajan nimi Heikki Salomaa, Aki Valkeapää		Opinnäytetyön toimeksiantaja Find Marketing Oy, Kari Kattelus	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 25.5.2010
Author(s) Hannu Honkanen	Degree programme and option Degree Programme in Environmental Technology, Master of Engineering	
Name of the bachelor's thesis Windows of a house exchange for low-energy windows life cycle costs in mind.		
Abstract <p>Energy efficiency and air-tightness have become very important in the 21st century. Finland has signed the EU environmental treaty in the year 2007. This thesis briefly presents the energy treaty.</p> <p>EU has set on energy performance directive for buildings (2002/91/EC). Legislation regulating the energy efficiency of buildings came into force 2008 in Finland. The minimum requirements of new buildings have been set in The National Building Code.</p> <p>In this study I calculated how much energy is lost through the windows of a detached house. The purpose was to find out, how much bigger is the energy consumption of MSK-windows compared to that of low energy windows. The U-value of MSK-window is about 1.7 W/m²K and the U-value of the low-energy window is 0.6 W/m²K.</p> <p>The research was completed in a house built in 198. I asked the window manufacturers for offers for the windows and on the basis of the offers I calculated the payback period.</p> <p>Final results show that the payback period is more than 10 years.</p>		
Subject headings, (keywords) energy performance of building, building energy performance value, U-value, restructuring of window, energy efficient window, life cycle, infrared thermal camera		
Pages 51 + 7	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2010A1356
Remarks, notes on appendices		
Tutor Heikki Salomaa, Aki Valkeapää		Bachelor's thesis assigned by Find Marketing Oy

Sisältö

1 JOHDANTO.....	1
1.1 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi	2
1.1.1 EU-maiden ilmasto- ja energiapolitiikan sopimus	4
1.1.2 Kansalliset energiasopimukset	4
1.1.3 Energiatehokkuutta parantavat määräykset.....	5
2 HYVIN ERISTÄVÄT IKKUNAT.....	5
2.1 Ikkunoiden energialuokitus	6
2.2 Ikkunoiden suuntaaminen	9
2.3 Ikkunoiden uudistaminen ja kehittäminen	9
2.4 Ikkuna parantaa sisäilmastoa energiatehokkaasti.....	11
2.5 Ilmaiset lämpökuormat.....	12
2.6 Rakennusten energialuokitus.....	14
3 LÄMMITYSTEHDON LASKENTA D5 MUKAAN	16
3.1 Vaipan lämmitysenergian laskenta.....	16
3.2 Rakennusten pinta-alojen ja tilavuuksien laskenta.....	17
3.3 Laskentaperiaate ja menetelmän rajaukset	19
3.3.1 Energianmuodon vaikutus.....	19
4 RAKENNUKSEN ENERGIAKULUTUKSEN LASKENTA	20
4.1 Rakennuksen energiankulutus laskentakaavat	23
4.2 Energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot	25
4.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia.....	27
4.4 Lämpövuotojen laskenta	28
5 ELINKAARISUUNNITTELU JA -KUSTANNUKSET.....	28
5.1 Elinkaarisuunnittelu	29
5.2 Elinkaarikustannukset	30
5.3 Elinkaaritarkastelut.....	32
5.4 Kotitalousvähennys	33
5.4.1 Vähennykseen oikeuttava työ.....	33
5.4.2 Vähennystä ei saa muusta kuin työn osuudesta	33
5.4.2 Vähennystä ei saa omasta työstä	34
5.5 Ekotehokas rakennus kuormittaa ympäristöä vähemmän	34
6. TUTKIMUSKOHTTEEN TULOSTEN KÄSITTELY JA LASKENTA	35
6.1 Ikkunoiden energiakulutuksen laskenta	36
6.1.1 Hyödynnettävä aurinkoenergia	38
6.2 Ikkunatarjoukset	38
6.3 Tuloksien elinkaarilaskenta.....	39
6.3.1 Päätelmä investoinnista	44
6.4 Lämpökameran avulla saatava informaatio.....	45
6.4.1 Lämpökamerakuvat	45
6.5 Korjausrakentamisen liikevaihto kasvussa vuonna 2008.....	46
7 POHDINTA	48

1 JOHDANTO

Käsittelen opinnäytetyössäni perinteisen kolmilasiseen MSK- ikkunan ja uuden matalaenergiaikkunan vaikutuksia rakennuksen energian kulutukseen pientalossa. Lyhenne MSK tarkoittaa moduulimitoitettua kolmilasista sisäänpäin aukeavaa ikkunaa.

Ikkunan eristävyyttä kuvaa U-arvo, joka kuvaa kuinka paljon energiaa pääsee huoneesta ulos talvella ikkunan kautta. U-arvon yksikkö on $\text{W/m}^2\text{K}$. Ikkunoiden energialuokitus on kehitetty, jotta kuluttajat voisivat mahdollisimman helposti vertailla eri ikkunamallien energiatehokkuutta. Energialuokituksessa lasketaan U-arvon, g-arvon sekä ikkunan ilmanpitävyyden mukaan vertailuarvo E, jonka yksikkö on $\text{kWh/m}^2\text{,a}$. Esimerkiksi E-arvo $100 \text{ kWh/m}^2\text{,a}$ tarkoittaa, että ikkunan laskennallinen vuotuinen energiankulutus on 100 kWh neliötä kohden. Lisäksi selvitän, kuinka paljon kalliimpia uudet matalaenergiaikkunat ovat, joiden U-arvo on $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ perinteisiin verrattuna. Lisäksi kuvasin lämpökameralla omakotitalon ikkunan lämpövuotoja ja raportoin niiden kunnosta.

Tutkimuskohde on vuonna 1981 valmistunut pientalo, johon pyysin tarjoukset eri ikkunavalmistajilta hintojen selvittämiseksi. Laskentaosuudessa käyn läpi elinkaarilaskentaa investoinnin kannattavuuden osalta ja takaisinmaksuaikaa. Laskennassa perehdyttiin vain euromääräiseen laskentaan ja rajattiin pois hiilidioksidin (CO_2) määrän väheneminen.

Työn tilaaja on Find Marketing Oy Mikkelin Graanista, joka markkinoi Finlamelli hirsitaloja. Yhtiötä kiinnostavat tulevaisuudessa myös saneerauskohteet, koska vanhaa asuntokantaa tulee saneerattavaksi yhä enemmän. Tämä koskee sekä kerros- että pientaloja. Myös ikkunoiden vaihtamisen vaikutus asumisviihtyvyyteen ja kiinteistön arvoon kiinnostaa yritystä.

Ikkunat ovat rakennuksen vaipan huonoiten lämpöä eristävä rakenneosa, joten niiden energiatehokkuuteen, kokoon ja suuntaukseen kannattaa kiinnittää huomiota jo suunnittelun alkuvaiheessa. Ikkunat eivät ole pelkästään energiasyöppöjä – niiden kautta saadaan rakennukseen auringonsäteilyä, joka pienentää valaistukseen ja lämmitykseen tarvittavaa energiaa.

Suuria, koko seinän korkuisia ikkunapintoja tulisi energiatehokkuuden huonontumisen takia välttää, vaikka ne ovatkin arkkitehtonisesti näyttäviä. Suurimmat ikkunat ovat yleensä olohuoneessa, joten talo kannattaa sijoittaa tontille siten, että olohuoneen ikkunat on suunnattu etelään ja länteen. Tavoitteena on, että syksystä kevääseen saadaan mahdollisimman paljon auringonvaloa ja -lämpöä sisään, mutta kesällä halutaan välttyä liialliselta auringonpaisteelta ja siten jäähdytystarpeelta. Sopivan kokoiset räystäsrakenteet ovat tässä yksinkertainen, mutta toimiva keino. Keskeisin ominaisuus ikkunoiden energiatehokkuudessa on lämmönläpäisykerroin, eli ns. U-arvo. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin ikkunat eristävät lämpöä. Rakentamismääräysten mukaan ikkunoiden U-arvo ei saa ylittää arvoa $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Energiatehokkaaseen taloon kannattaa valita ikkunat, joiden U-arvo on $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ tai pienempi. Ympäristöministeriön uudet energiamääräykset astuivat voimaan vuoden 2010 alusta.

1.1 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

EU-komission ehdotus rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistamiseksi tehtiin 13.11.2008. Ensimmäiseksi direktiivissä vaadittiin tuotettavaksi sellaisia rakennuksia, jotka ovat joko hiilidioksidipäästöiltään tai primäärienergian kulutukseltaan vähäisiä tai niin sanottuja nollaenergiataloja. Se koskee uusia tai korjattavia asuinrakennuksia, muita uusia tai korjattavia rakennuksia sekä julkisia rakennuksia. /3./

Toinen vaatimus on tahojen tekemän energiatodistusten ja lämmitys- sekä ilmastointijärjestelmien tarkastusraporttien valvonnan järjestäminen. Energiatodistukset vaaditaan jatkossa kaikilta uusilta rakennuksilta ja korjattavilta rakennuksilta, myös julkisilta rakennuksilta, jotka ovat yli 250 m^2 :n suuruisia. /3./

Yhtenä tavoitteena on jäsenmaille kehittää yhteinen menetelmä, jolla saadaan laskettua rakennuksen koko energiankulutus. Lisäksi siinä tulee selvittää hiilidioksidipäästöjen ja primäärienergiankulutuksen arvot. Komissiolta on tulossa vuoden 2010 loppuun mennessä laskentamenetelmä, jolla saadaan laskettua kustannustehokkain vaatimustaso rakennuksille ja sen osille koko sen elinkaaren ajan. /3./

Jokaisen EU:n jäsenmaan on asetettava minimitehokkuusvaatimukset lämmitysjärjestelmille, vedenlämmittimille, ilmanvaihtolaitteille, ja jäähdytysjärjestelmien laitteille. Vaatimukset koskevat uusia ja korjattavia rakennuksia. Vaatimusta sovelletaan, mikäli

korjauksen arvo on yli 25 % rakennuksen arvosta tai yli 25 % rakennuksen pinta-alasta. Vaatimuksista poistuu niissä nykyisin oleva pinta-alaraja ja siten ne koskevat myös omakotitaloja. /3./

Vaatimuksiin tulee määräys, jossa rakennushankkeeseen ryhtyvän on tehtävä vaihtoehtoisten energiajärjestelmien vertailu ennen rakentamisen alkua. Tämä vaatimus koskee kaikkia uusia ja korjattavia rakennuksia ilman kokorajoitusta. Vertailulaskelma esitetään rakennusluvan haun yhteydessä. Vaatimukset eivät koske kirkkoja tai historiallisia rakennuksia tai alle neljän kuukauden käytössä olevia asuinrakennuksia tai alle 50 m²:n kokoisia rakennuksia. /3./

Nämä ohjeet astuvat voimaan portaittain seuraavasti: kansalliset lait ja määräykset tähän direktiiviin (2008/0223 (COD)) pitää julkaista vuoden 2010 aikana ja se astuu voimaan julkisilla rakennuksilla vuoden 2012 alusta. Vuoden 2014 alun jälkeen EU:n jäsenmaat eivät voi hyväksyä sellaisia rakennuksia, jotka eivät täytä edellä mainittuja määräyksiä. Vuoteen 2017 mennessä on maiden uudistettava minimivaatimuksensa. Vuoden 2010 minimivaatimukset rakennusten lämmöneristykseen ovat taulukon yksimukaiset.

Taulukko 1. Rakennusten lämmöneristys W/m²K

seinä	0,17 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja alapohjan pinta-alasta,	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

Direktiivi velvoittaa jäsenmaat myös seuraamaan, miten energiatehokkuus on lisääntynyt. /3./

Päättötyöni laskennassa on käytetty hyväksi Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D5, nimeltään rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Rakennusmääräyskokoelman osassa D5 käsitellään rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentamenetelmät.

1.1.1 EU-maiden ilmasto- ja energiapolitiikan sopimus

Suomi on muiden EU-maiden kanssa vuonna 2007 sopinut, että kaikki maat pienentävät kasvihuonepäästöjään 20 % verrattuna vuoden 1990 tasoon, vuoteen 2020 mennessä. Sopimuksessa on annettu uusi päästökauppadirektiivi ja uudet maakohtaiset direktiivit, joilla jaetaan vastuuta kokonaisvastuusta ja uusiutuvien energialähteiden käytön edistämisestä. Ilmastopaketissa on myös ohjeet hiilidioksidin talteenotosta ja varastoinnista sekä lainsäädäntöehdotuksia liikennettä varten. /4./

Euroopan unionin joulukuussa 2008 hyväksymä ilmasto- ja energiapaketti asettaa unionille yksipuolisen tavoitteen vähentää kasvihuonepäästöjään 20 % vuoden 1990 tasoon verrattuna vuoteen 2020 mennessä. EU on myös sitoutunut nostamaan päästövähennystavoitettaan 30 %:iin jos kansainvälisellä tasolla saadan aikaan kattava ilmastopaketti ja muut teollisuusmaat sitoutuvat vastaavanlaisiin päästövähennystavoitteisiin.

Uusiutuvien energioiden osuutta Suomessa pitää lisätä vielä nykyisestä 28 %:sta 38 %:iin, sekä vähentää päästökaupan ulkopuolisia päästöjä 16 % vuoden 2005 tasosta. /4./

1.1.2 Kansalliset energiasopimukset

Tämän sopimuksen asuinkiinteistöjen energiansäästön edistämiseksi solmivat ympäristöministeriö, kauppa- ja teollisuusministeriö yhdessä asutokiinteistö- ja rakennuttaja-liitto Asunto- ja rakennusliitto ry:n kanssa (Asra ry). Asra ry liittyi vuoden 2006 marraskuussa Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto Rakli ry:hyn (tässä opinnäytetyössä käytetään jatkossa nimeä Rakli), jolle sopimus siirtyi. /5./

Niin sanottu energiansäästösopimus on suunnattu yleishyödyllisille ja kunnallisille jäsenyhteisöille ja sen tavoitteena on, että mahdollisimman suuri osuus Raklin jäsenistön omistamista asunnoista kuuluu sopimuksen piiriin. Yhdistyksen tavoite oli asutokannan lämmityksen ja veden lämmityksen ominaiskulutuksen alentaminen vuoteen

2008 mennessä 10 % ja edelleen vuoteen 2012 mennessä 15 %. Kiinteistösähkön ja muun rakennuksen sähkön kulutuksen kasvu piti saada päättymään ja kääntymään laskuun vuoteen 2008 mennessä. Tavoitteena oli myös, että energiankulutuksen katselemoinnin piiriin piti kuulua 50 % Raklin jäsenkiinteistöistä vuoden 2006 loppuun mennessä. Ja vuoden 2010 loppuun mennessä sen piiriin pitää kuulua 80 % Raklin jäsenkiinteistöistä. /5./

Energian käytön tehostaminen vähentää hiilidioksidipäästöjä ja edistää kansallisen ilmastostrategian ja kansainvälisen ilmastopöimöksen toteutumista. Sitä ohjaa kiinteistö- ja rakennusalan energiansäästösoimus Kress. /5./ Kiinteistö- ja rakennusalan energiansäästösoimukseilla (KRESS) on saavutettu tuloksia energiatehokkuuden parantamisena. Kiinteistö- ja rakennusalan energiansäästösoimustoimenpiteillä on säästetty vuonna 2003 tuhannen omakotitalon vuotuinen kulutus.

1.1.3 Energiategokkuutta parantavat määräykset

Ympäristöministeriön tiedotteessa 22.12.2008 on annettu uudet energiatehokkuutta parantavat rakentamismääräykset. Niiden tavoitteena on alentaa energian kulutusta 30 % nykyisestä C3/2007 tasosta. Hirsirakentamisen määräyksiä on tiukennettu 20 %. Ympäristöministeriö on päätöksessään huomioinut Tampereen teknillisen yliopiston (TTY:n) ja VTT:n lausunnot. /7./

Määräykset tulevat voimaan 1.1.2010 ja niiden avulla toteutetaan EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan soimusta päästöjen vähentämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen. Suomi sitoutui soimukseen marraskuussa 2008. /7./

2 HYVIN ERISTÄVÄT IKKUNAT

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin kuvaa rakenteiden eli seinien, ala- ja yläpohjan sekä ikkunoiden ja ovien lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin rakenne eristää lämpöä. U-arvon yksikkö on W/m^2K . Ikkunat ovat rakennuksen ulkovaipan heikoimmin lämpöä eristäviä rakennusosia. Ikkunoiden valintaa ei kuitenkaan

pidä tehdä vain yhden ominaisuuden perusteella. Ikkunoiden valinnassa energiatekniikan kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat

- rakenteen ilmanpitävyys,
- lämmöneristävyys ja sisäpinnan pintalämpötila,
- valon läpäisy,
- auringon säteilyn läpäisy eli energiasuojausominaisuudet,
- ikkunan koko ja ruudutus,
- karmin syvyys,
- karmin ja puitteiden lämpötekniinen rakenne
- karmin ja puitteiden osuus ikkuna-aukon pinta-alasta.

Muita tärkeitä ikkunan ominaisuuksia on säänkestävyys, ääneneristävyys, avautuvuus, hinta, lasien väri, karmien ja puitteiden materiaali.

2.1 Ikkunoiden energialuokitus

Pelkkä U-arvo ei kerro kaikkea ikkunan energiatehokkuudesta. Tämän vuoksi Suomessa otettiin syksyllä 2006 käyttöön ikkunoiden energialuokitus. Energialuokituksessa ikkunoiden energiatehokkuus esitetään kodinkoneistakin tutulla asteikolla A:sta G:hen, joten energiatehokkuuden vertailu on helppoa. Energialuokitus ottaa ikkunan lasiosan U-arvon lisäksi huomioon ikkunarakenteen (lasi, karmit ja puitteet) ilmantiiheyden, ikkunan materiaalit sekä sen, miten hyvin ikkuna mahdollistaa aurinkoenergian hyödyntämisen. Ikkunoiden energiamerkintä on vapaaehtoinen, mutta suurimmilla kotimaisilla ikkunavalmistajilla on jo lukuisia luokiteltuja ikkunoita. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 1 on kuvaus ikkunoiden energialuokitusmerkeistä ja laskenta-kaava.

Hyvin eristetyissä ikkunoissa on energian säästymisen lisäksi myös muita etuja. Hyvin eristetyn ikkunan sisäpinnan lämpötila ei laske kovillakaan pakkasilla epämiellyttävän alhaiseksi. Hyvin lämpöä eristävä ikkuna on yleensä myös hyvä ääneneristäjä, mikä voi erityisesti taajamissa olla hyvinkin tärkeä asumisviihtyvyyteen vaikuttava tekijä. Hyvin lämpöä eristävien ikkunoiden ulkopintaan saattaa tietyissä sääolosuhteissa tiivistyä kosteutta. Ilmiö esiintyy harvoin tavallisissa kolmilasisissa ikkunoissa. Kosteu- den tiivistyminen on ominaispiirre hyvin eristetyille ikkunoille ja se on merkki siitä,

että ikkunat ovat hyvin eristäviä. Haitta on pieni verrattuna hyvin eristettyjen ikkunoiden tuomiin etuihin. /2/.



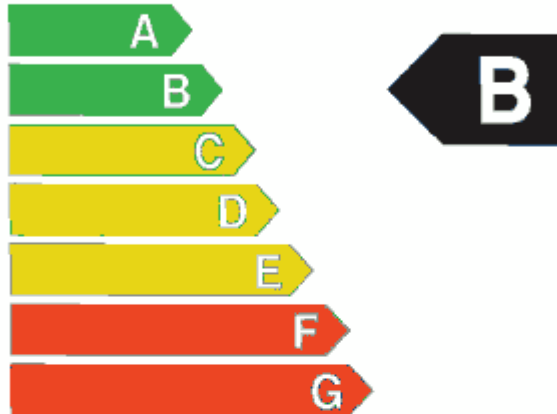
Valmistaja

YRITYS OY

Malli

Ikkunamalli 123

Vähän kuluttava



Paljon kuluttava

E-arvo (laskennallinen vuotuinen energiankulutus, kWh/m²/a)

86

(Perustuu luokitusjärjestelmän laskenta-kaavaan ja 1,2 x 1,2 m kokoiseen ikkunaan)

$$E = 140 \times U - 160 \times g + 50 \times L$$

Todelliseen energiankulutukseen vaikuttavat myös sisälämpötila, ilmasto ja ilmansuunta

Lämmönläpäisykerroin (U), W/m²K

1,15

Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy (g)

0,50

Ilmanvuoto (L), m³/m²/h

0,10

Vapaaehtoinen energiamerkintä.

"Energiaikkuna" on Puutuoteteollisuus ry:n rekisteröimä tuotemerkki



Kuva 1. Ikkunoiden energialuokitusmerkinnät. /1./

Ikkunoiden energialuokituksen tarkoituksena on helpottaa rakentajien ja remontoijien tekemää vertailua eri ikkunaratkaisujen välillä. Ikkunoiden energialuokitus on valmistajille vapaaehtoinen. Energialuokituksessa ikkunalle lasketaan vertailuluku (E-arvo), joka kertoo kuinka paljon ikkunarakenne aiheuttaa lämmitystarvetta vuodessa. Ik-

kunoille annetaan kodin kylmälaitteista tuttu energiamerkki, jossa ikkunat jaetaan luokkiin asteikolla luokat A - G.

Laskennallinen vuotuinen energiankulutus E (kWh/m²/a) lasketaan kaavalla

$$E=140*U-160*g+50*L$$

missä,

U lämmönläpäisykerroin (W/m²K)

g ikkunan auringonsäteilyn kokonaisläpäisysuhde

L ilmanläpäisevyys (m³/m²h) 50 Pa:n paine-erolla

Motivan www-sivuilla kohdassa ”Ikkunoiden valmistajille ja maahantuojoille” on tietoa alan yrityksille esimerkiksi:

- ohjeet luokituksen hakemiseen
- luokitussäännöt sekä
- ohjeita luokituslaskelmia tekeville valtuutetuille asiantuntijoille

Ikkunoiden energialuokituksen kehittämisessä on ollut mukana Puutuoteteollisuus ry, Rakennusteollisuus RT ry, Suomen Kiinteistöliitto ry, Suomen Omakotiliitto ry, VTT, ympäristöministeriö sekä Motiva Oy.

Energiaikkuna-logo on Puutuoteteollisuus ry:n rekisteröimä tuotemerkki kuvassa 2 alla. Ikkunoiden energialuokitus on vapaaehtoinen järjestelmä, jolla informoidaan ostajia ikkunoiden energiateknisistä ominaisuuksista. Järjestelmään voivat liittyä kaikki kotimaiset ja ulkomaiset ikkunavalmistajat. Motivan www-sivuilta löytyy kaikkien Suomessa valmistettujen energiaikkunoiden mallit, U-arvot ja tiedot helposti. Lisäksi samasta osoitteesta löytyy VTT:n mittausraportit. /1./

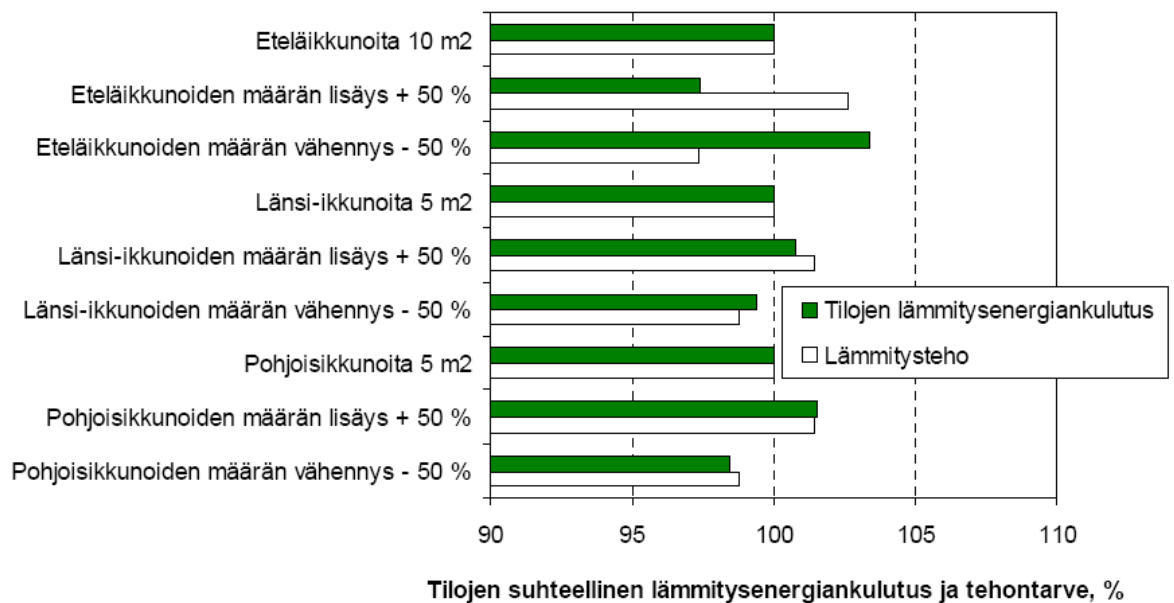


Kuva 2. Energia ikkuna logo.

2.2 Ikkunoiden suuntaaminen

Ikkunoiden suuntaamisella ilmansuuntien mukaan on väliä energian kulutukseen. Ikkunan pinta-ala ei saa rakentamismääräyskokoelman mukaan ylittää 15% kiinteistön kerrosalasta. Mikäli ylitetään 15 % kerrosalasta, pitää esittää kompensointilaskelma, jolla osoitetaan, miten ylimääräinen energian kulutus kompensoidaan esimerkiksi vai-
palla.

Matalaenergiaikkunoiden määrän lisäämisen vaikutus on kuvan 3 mukaan verrattain pieni suhteelliseen lämmitysenergiakulutukseen ja tehontarpeeseen. Ikkunoiden määrä voidaan valita tarpeiden ja mieltymysten mukaan. Matalaenergiaikkunoiden lisääminen eteläseinälle esimerkiksi 50% pienentää laskennallista lämmitysenergiakulutusta 2,5 %, mutta lisää tietysti lämmityksen tehontarvetta kuvan mukaan saman ver-
ran.



Kuva 3 Matalaenergiaikkunoiden määrän lisäämisen vaikutus tehontarpeeseen. /21./

2.3 Ikkunoiden uudistaminen ja kehittäminen

Skaala kehitti uusien ikkunoiden rakennetta yhteydessä VTT:n kanssa ikkunatuotemalliston, jossa sen tarjoamat ikkunatuotteet on ryhmitelty kolmeen energialuokkaan A, B ja C. Niistä A-luokan Alfa-ikkuna on nelilasinen ja aurinkoenergiaa suodattava matalaenergiaikkuna.

”Pystymme tekemään huippulaadukkaita, energiataloudellisesti Euroopan kärkeä olevia matalaenergiakikkunoita normaaleilla tuotantolinjoillamme”, Markku Hautanen Skaalasta korostaa. Hän uskoo, että energialuokitus etenee koko rakennusteollisuudessa. Sitä jarruttavat kuitenkin tilaajien minivaatimustasoa suosiva asenne ja ostokäyttäytyminen sekä varsinkin pk-yritysten vaisut panostukset kehitystoimintaan.

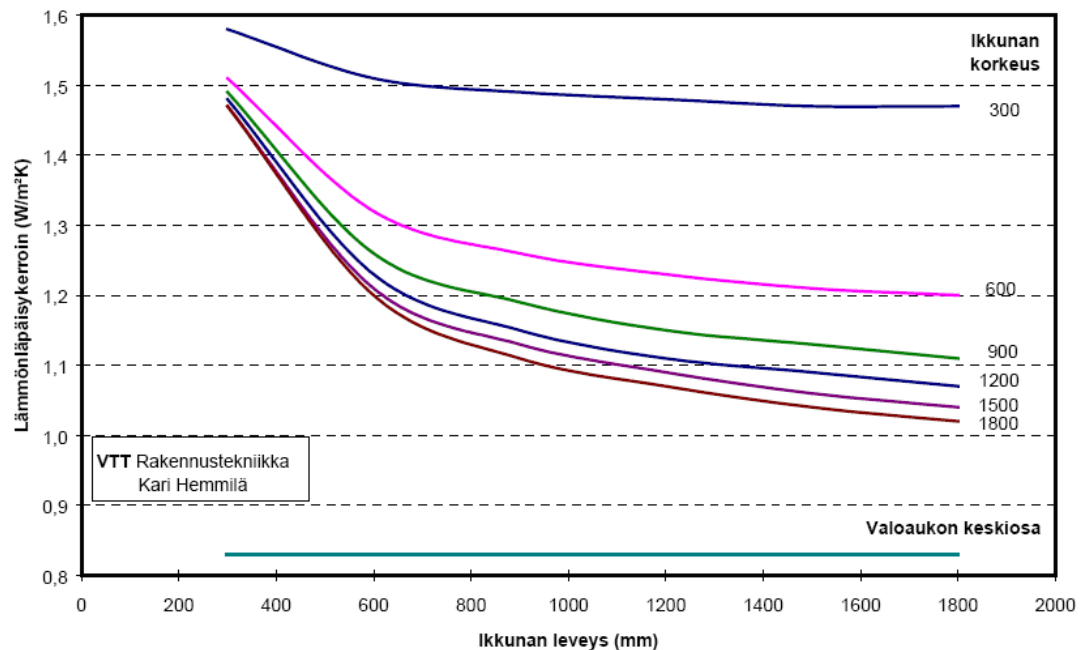
Hautanen johtama Skaala oli mukana Tekesin Sara-teknologiaohjelmaan kuuluneessa yhteishankkeessa, jossa kehitettiin matalaenergiakerrostaloa. VTT:n johtamaan kehitystyöhön osallistuivat lisäksi Mikkelin ammattikorkeakoulu, Rakennusliike Reponen Oy, Meptek Oy ja Salon Sauna Oy. Alla olevassa kuvassa 4 näkyy Skaala ikkunan Alfa mallin poikkileikkaus. Huomioitavaa on, että Skaala käyttää matalaenergiakikkunoissaan kaksi + kaksi elementtistä ikkunarakennetta. /1./



Kuva 4. Skaala Alfa A-luokan energiaikkunan poikkileikkaus /1./

Ikkunan laskennallisen energiakulutuksen E on $68 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$, mikä on todella alhainen. Toinen tehokas arvo Skaala Alfa ikkunoissa kilpailijoihin verrattuna on ilmanvuotoluku L $0,15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. Kuvassa 4 nähdään Skaalan 2+2 elementtinen matalaenergiakikkunan poikkileikkaus. Motivan [www-sivuilta](http://www.sivuilta) löytyy kaikkien Suomessa valmistettujen energiaikkunoiden mallit, U -arvot ja tiedot valmistajien mukaan lajiteltuna. /10./

Kuvassa 5 on esitetty, miksi matalaenergiakikkunoissa kannattaa käyttää mahdollisimman suuriruutuisia ikkunaelementtejä. Ikkunan lämmönläpäisykerroin suurenee huomattavasti, jos käytetään pieniruutuisia ikkunaelementtejä. Syy on yksinkertainen, karmin U-arvo on huomattavasti huonompi kuin lasiosan. Matalaenergiatalossa kannattaa käyttää mahdollisimman suuriruutuisia ikkunoita, koska lämmönläpäisykertoimet ovat huomattavasti pienemmät suuriruutuisissa.



Kuva 5. Matalaenergiakikkunoiden ruutukoon vaikutus lämmönläpäisykertoimeen. /22./

2.4 Ikkuna parantaa sisäilmastoa energiatehokkaasti

”METOP-matalaenergia toimistotalon huoneiden lämmitys- ja jäähdytystarpeet on saatu pieniksi tehokkailla ikkunoilla. Kehitetty ikkuna pienensi merkittävästi lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Ikkunan lämmönläpäisy oli vain noin neljäsosa tavanomaiseen kolmilasiseen ikkunaan verrattuna. Ikkunan laskennallinen U-arvo oli 0,5 W/m²K. Mitoitusulkolämpötilassa (-26 °C) ikkunoiden lämpöhäviöt olivat toimistohuoneessa vain noin 3 - 4 W/lattia-m² eli noin 10 - 20 % kokonaisjohtumislämpöhäviöistä. Ihmiset ja valaistus riittivät kompensoimaan huoneen johtumislämpöhäviöt. Vetoa ei esiintynyt, koska ikkunan sisälasin pintalämpötila oli riittävän korkea, noin 17 °C, vaikka ikkunan alla ei ollutkaan lämmityspatteria.” /12./

”Ikkuna suojasi tehokkaasti myös liialliselta auringon säteilylämmöltä. Ikkuna läpäisi vain noin 12 % seinälle tulevasta auringon suorasta säteilystä. Auringonpaiste aiheutti

huoneeseen hetkellisesti vain noin 20 W/lattia-m² lämpökuorman. Erikoisikkunan auringon säteilyn läpäisy on vain noin 30 % tavanomaisen kolmilasisen ikkunan läpäisystä. Näkyvän valon läpäisyyn tai ikkunan ulkonäköön auringon suojauksella ei ollut ratkaisevan suurta merkitystä. Kesällä ilman koneellista jäähdytystä etelänpuoleisen toimistohuoneen sisälämpötilat nousivat pitkällä hellejaksoillakin vain noin 25 °C:een, vaikka ulkolämpötila oli lähes 30 °C.” /13./

Taulukko 3. Ikkunatyypin lämmönläpäisykertoimia. /3./

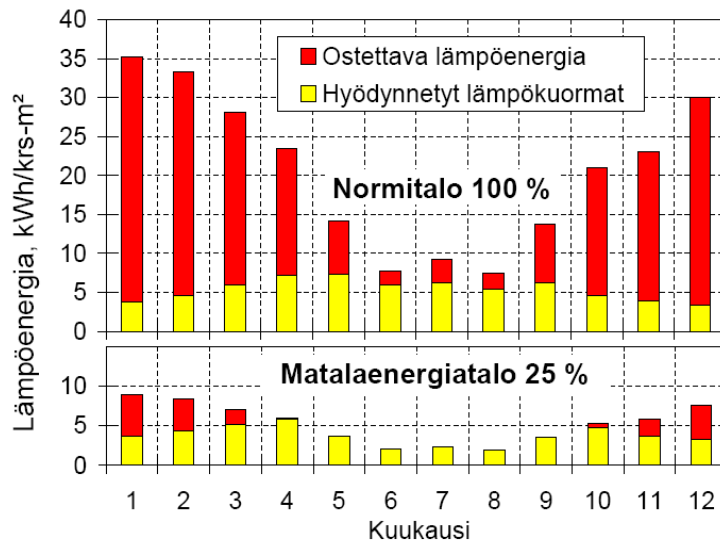
Ikkunatyypin	MSE	MSE ja selektiivipinta	MSE selektiivipinta ja argontäyte	Superlasi	Superlasi ja selektiivipinta	Kaksi umpiolasia, selektiivikalvot ja argon
Koko ikkunan u-arvo	1,8	1,4	1,35	1,1	1,0	0,6
Lasiaukon u-arvo	1,8	1,4	1,2	0,95	0,75	0,55
Lasin sisäpinnan lämpötila yöaikaan, kun lämpötila ulkona –20 °C ja sis.+20 °C	+ 9 C	+ 11 C	+ 11,5 C	+ 13 C	+ 14 C	+ 17 C

Taulukossa 3 on esitetty ikkunatyypin lämmönläpäisykertoimia. MSE-ikkunassa on ulkopuolella yksi lasi ja sisäpuolella kaksilasin umpioelementti. ”Superlasissa” on umpiolasielementin lasiväli optimoitu ja argontäyte. Nykyisin suosituin rakenne on yksi plus kolme eli ulkokarmissa on yksi ikkuna ja sisäkarmissa on kolme selektiivilasia ja argon täyte. Myös Krypton ja Ksenon kaasua käytetään lasiväleissä. /11./

2.5 Ilmaiset lämpökuormat

Alla oleva kuva 7 kertoo hyvin normitalon ja matalaenergiatalon lisälämmöntarpeen, joka siis puoltaa matalaenergiakikkunan hyvyttä. Matalaenergiakikkunat ovat niin energiaa säästäviä ja toisaalta talon muut rakenteet ovat niin hyviä, että lisäenergiaa ei juuri tarvita. Siksi emme tarvitse auringon tuomaa ”ilmaista lämpöä”, tosin vanhoissa kohteissa lämpökuormat ovat hyödynnettävissä. Kesällä hyöty on huomattavasti suurempi, kun ikkuna heijastaa tehokkaasti lämpösäteilyn tulon sisälle ja emme tarvitse niin paljon koneellista jäähdytystä.

Ilmaiset lämpökuormat hyödynnetään tehokkaasti -> lämmityskausi lyhenee, jopa vain 3 kuukauteen



Copyright © VTT 2005

17 9.11.2004

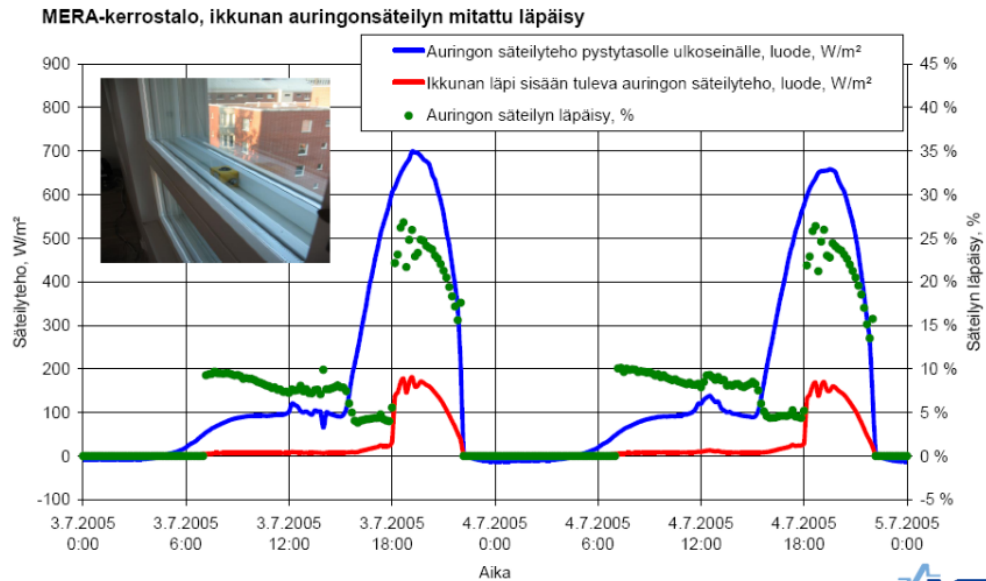


Kuva 7. Lämpöenergian tarve normi- ja matalaenergiatalossa./12./

Alla olevasta kuvasta 8 huomataan, kuinka tehokkaasti matalaenergiakikkuna vähentää lämpökuorman tulon sisälle esimerkiksi kesällä. Siis jäähdytyskoneenkaan ei tarvitse tehdä niin paljon kylmää, kun ikkunat suodattavat osan auringon lämpökuormasta. Selektiivilasi päästää noin 25 % auringon säteilystä huoneeseen. Täten ilmastointia (jäähdytystä) ei tarvitse käyttää niin paljon ja saavutetaan säästöjä, kun kylmäkoneiden käyttötuntimäärä pienenee.

Toisaalta pitää muistaa, että normitalossa voidaan hyödyntää varsinkin kevättalvella auringon lämpöenergia tehokkaasti. Ikkunan kautta saadaan jopa 600 W/m^2 lämmitysenergiaa. Toisaalta jäähdytystehon tarvetta voidaan ehkäistä aurinkolipoilla ja yöaikaisella tuuletuksella.

Energiatehokkaan talon ikkunat eristävät hyvin lämpöä ja suojaavat liialliselta auringon säteilyltä



Kuva 8. Säteilytehon läpäisy matalaenergiaikkunassa, ilmansuunta luode./12./

2.6 Rakennusten energialuokitus

Vuoden 2008 alusta valmistuviin uudisrakennuksiin on tullut pakolliseksi myös rakennuksen energialuokan määrittäminen sekä siitä tehtävä energiatodistus. Muihin rakennuksiin lakia sovelletaan vuoden 2009 alusta, joskin se enintään kuuden asunnon rakennuksiin on tällöin edelleen vapaaehtoinen. Rakennusta tai sen osaa taikka niiden hallintaoikeutta myydessä tai vuokrattaessa tulee esittää voimassa oleva energiatodistus. Uudisrakentamisessa alustava pääsuunnittelijan todistus on esitettävä jo rakennuslupaa haettaessa, ja ennen rakennuksen käyttöönottoa se on varmennettava. (L 13.4.2007/487 5-6 §).

Uudisrakennuksilla energiatodistus on yleensä voimassa neljä vuotta, mutta esimerkiksi enintään kuuden asunnon rakennuksilla kymmenen vuotta. Kymmenen vuoden voimassaoloaika pätee myös jo olemassa oleville pienille rakennuksille sekä energiakatselmuksen yhteydessä tehdyille ja erillisille energiatodistuksille. (L 13.4.2007/487 4-5 §.)

Energiatehokkuusluku [$\text{kWh/m}^2_{\text{br}}/\text{a}$] määritellään jo olemassa olevissa pientalokohdeissa laskennallisesti ja kerrostaloissa toteutuneen energiankulutuksen mukaan; uusis-

sa rakennuksissa energiankulutusluku on aina laskennallinen. Rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan energiatodistuksessa energiatehokkuusluvulla (ET-luku), joka saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä, eli lämmitysenergian, sähköenergian sekä mahdollisen jäähdytysenergian summa, rakennuksen bruttopinta-alalla. (L 13.4.2007/487 2 §).

Vertailun mahdollistamiseksi kaikkien rakennusten ET-luku lasketaan Suomessa Jyväskylän säävyöhykkeen säädätään pohjautuen (A 19.6.2007/765 liite 2). Esimerkki täytetystä pientalon energiatodistuksesta sekä siinä esiintyvistä tiedoista on esitetty liitteessä 3. Jo olemassa olevien rakennusten energiatodistusta varten tehtävän tarkastuksen yhteydessä tarkastaja täyttää myös lomakkeen toimenpide-ehdotuksista rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi, sekä arvion niiden toteuttamisen vaikutuksesta energiakulutukseen (A 19.6.2007/765).

Energiatehokkuusluokat määritellään kussakin käyttötarkoitus luokassa omalla tavallaan, jolloin luokan sisäinen vertailu onnistuu hyvin, mutta eri käyttötarkoitus luokkien välillä energiatehokkuusluokat eivät ole toisiinsa verrannolliset eri raja-arvot. Eri rakennustyypit jaetaan käyttötarkoitus luokkiin seuraavasti (A 19.6.2007/765):

- Pienet asuinrakennukset
- Suuret asuinrakennukset
- Toimistorakennukset
- Liikerakennukset
- Opetusrakennukset
- Päiväkodit
- Terveystoimistorakennukset
- Kokoontumisrakennukset
- Uimahallit
- Muut.

Taulukossa 5 on vertailtu kerrostalojen, pienten asuintalojen sekä toimistorakennuksien energiatehokkuusluvun ja energiatehokkuusluokan vastaavuuksia. Kerrostaloissa vähäisempään energiakulutusta vaatimukseen vaikuttaa se, että ulkoseinien osuus rakennuspinta-alaa kohden on pienempi, jolloin myös lämpöhäviöt pienenevät. Edelleen

toimistorakennuksissa energiankulutukseen vaikuttaa suhteellinen käyttöaika sekä mahdollisesti laitteista ja ihmisistä hyödynnettävissä olevat lämpökuormat.

Taulukko 5. Energialuokan määrittäminen ET-luvun mukaan (A 19.6.2007/765).

Energialuokka	ET-luku [kWh/m ² _{br} /a]		
	Pienet asuintalot	Kerrostalot	Toimistorakennukset
A	- 150	- 100	- 90
B	151 - 170	101 – 120	91 - 110
C	171 - 190	121 – 140	111 - 130
D	191 - 230	141 – 180	131 - 170
E	231 - 270	181 – 230	171 - 230
F	271 - 320	231 – 280	231 - 320
G	321 -	281 –	321 -

3 LÄMMITYSTEHDON LASKENTA D5 MUKAAN

Näissä ohjeissa esitettyä laskentamenetelmää voidaan käyttää rakennuksen energiankulutuksen, ostoenergiankulutuksen, lämmitystehon ja kesäaikaisen sisälämpötilan arviointiin. Näissä ohjeissa tarkoitetaan:

- 1) rakennuksen energiankulutuksella vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä;
- 2) rakennuksen ostoenergiankulutuksella vuotuisia energiamääriä, jotka rakennukseen on tuotava sähköinä, kaukolämpönä, kaukokylmänä tai polttoaineina; sekä
- 3) mitoittavalla lämpötilalla niitä sisä- ja ulkoilman lämpötiloja, joiden perusteella rakennuksen lämmitys ja jäähdytystehontarve on määritetty.

3.1 Vaipan lämmitysenergian laskenta

Rakennuksen lämmitystehon ja lämmitysenergian tarpeen laskennassa tarvittavat vaipan eri rakennusosien pinta-alat määritetään rakennuksen kokonaissisämittojen mu-

kaan. Alla olevat tiedot ovat ympäristöministeriön SUOMEN RAKENTAMISMÄÄ-
RÄYSKOKOELMA D5 rakennusosaston ohjeet vuodelta 2007.

Alapohjat: A_{alapohja} [m²]

Alapohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä. Alapohjan läpivientejä kuten kanavat, pilarit, viemärit ja vesijohdot ei vähennetä alapohjan pinta-alasta.

Yläpohjat: $A_{\text{yläpohja}}$ [m²]

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti kattoikkunoiden aukkojen pinta-alat vähentäen. Yläpohjan läpivientejä kuten kanavat, hormit ja tuuletusputket ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta.

Välipohjat: $A_{\text{välipohja}}$ [m²]

Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti porras ym. aukkoja vähentämättä.

Ulkoseinät: $A_{\text{ulkoseinä}}$ [m²]

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaisesti lattiapinnasta yläpohjan alapintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen.

Ikkunat ja ovet:

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan kehän ulkomittojen (karmirakenteen ulkomittojen) mukaan. Julkisivun tai katon muodosta merkittävästi poikkeavan ikkunaratkaisun, kupumaisen kattoikkunan ja valoaukollisen savunpoistoluukun pinta-ala lasketaan tapauskohtaisesti yleisohjetta soveltaen.

3.2 Rakennusten pinta-alojen ja tilavuuksien laskenta

Rakennustilavuus, V_{rak} [rakm³]

Rakennuksen tilavuudella tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta. Milloin rakennuksessa ei ole yläpohjaa tai yläpohja liittyy ilman ullakkoa vesikattoon, katsotaan rajoittavaksi pinnaksi vesikaton yläpinta suojauksineen. Milloin rakennuksen alapohjan paksuutta ei voida arvioida,

lasketaan alapohjan paksuudeksi 200 mm alapohjan yläpinnasta. Rakennuksen tilavuuden laskenta esitetään standardissa SFS 2460.

Ilmatilavuus, V [m^3]

Rakennuksen ilmatilavuus on huonekorkeuden ja kokonaissisämittojen mukaan lasketun pinta-alan tulo. Välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen. Huoneiston ilmatilavuus on sen sisäpintojen rajoittaman tilakappaleen tilavuus. Väliseiniä ja välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen.

Huoneen ilmatilavuus on sen sisäpintojen rajoittaman tilakappaleen tilavuus. Milloin huoneessa on alakatto, jonka pinta-alasta aukkojen osuus on vähemmän kuin puolet, katsotaan huonetta yläpuolelta rajoittavaksi pinnaksi alakaton alapinta. Huoneen tilavuuden laskennassa ei oteta huomioon vähäisten palkkien, pilareiden, ovi- ja ikkunasyvennysten, listojen ja vastaavien vaikutusta. Kaikkien rakennuksen tilojen tilavuus voidaan laskea kuten huoneen tilavuus. Huoneen ilmatilavuuden laskenta esitetään standardissa SFS 2460.

Rakennuksen bruttopinta-ala, A_{br} [brm^2]

Rakennuksen bruttopinta-ala eli bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana. Kerrostasoalat lasketaan bruttoalaan kokonaisina riippumatta kerrostason sijainnista ja sen sisältämien huoneiden käyttötarkoituksista. Bruttoalaan lasketaan kaikki kerrostasoalat riippumatta myös siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä. Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla. Kerrostasoala sisältää myös porrasaukot sekä alat, joissa huonekorkeus on alle 1600 mm. Rakennuksen bruttopinta-alan laskenta esitetään standardissa SFS 5139.

Huoneen pinta-ala, A_{huone} [hum^2]

Huoneen pinta-ala eli huoneala on huoneen ala, jonka rajoina ovat huonetta ympäröivät sisäseinien pinnat tai niiden ajateltu jatke. Milloin huoneen katto on vino tai porrastettu, lasketaan huonealaksi 1600 mm korkeamman tilan ala. Tällöin 1600 mm korkeamman tilan keskikorkeuden tulee olla vähintään 2200 mm. Huonealaan ei lasketa muun muassa huoneessa olevien hormiryhmien, pilareitten ja seinien alaa, seiniin upo-

tettujen takkojen alaa eikä esimerkiksi muuraamalla tehdyn komeron alaa. Rakennuksen huonealan laskenta esitetään standardissa SFS 5139.

3.3 Laskentaperiaate ja menetelmän rajaukset

Laskentaperiaatteena on energiatasemenetelmä, jossa energiankulutus lasketaan kuukausittain. Energiatasemenetelmässä saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa.

Laskennassa käytetään lähtötietoina yleensä kuukauden keskimääräisiä arvoja. Osa lähtötiedoista annetaan vuotuisina arvoina, jolloin kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa.

3.3.1 Energianmuodon vaikutus

Rakennuksen energiankulutukseen ei sisälly eri energiamuotojen (lämpö, sähkö- ja kylmäenergia) kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiantuotannon häviöitä. Sen sijaan rakennuksen ostoenergiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon kiinteistökohtainen energiantuotantotapa ja sen häviöt, mutta ei ulkopuolisten energiantuotannon häviöitä.

Käytettäessä lämmityksessä lämpöpumppua, menetelmässä lasketaan lämmitysenergiankulutus, joka voidaan kattaa lämpöpumpulla. Lämpöpumpun lämpökerroin otetaan huomioon ostoenergiankulutusta laskettaessa. Käytettäessä aurinkoenergiajärjestelmiä, menetelmässä lasketaan energiankulutus, joka voidaan kattaa aurinkoenergialla. Aurinkoenergia otetaan huomioon ostoenergiankulutusta laskettaessa.

Energiamuoto vaikuttaa rakennukseen valittaviin teknisiin järjestelmiin ja laitteisiin. Näiden energiankulutus otetaan huomioon rakennuksen energiankulutuksen laskennassa. Laskelmissa otetaan huomioon lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt, esimerkiksi lämpöhäviöt kattilan tai lämmitysvesivaraajan vaipan läpi sekä lämmönjakoverkon ja

laitteiden lämpöhäviöt. Osa näistä lämpöhäviöistä tulee lämpökuormana sisälle rakennukseen pienentäen tilojen lämmityksen nettoenergiantarvetta.

Jäähdytysenergiantarve lasketaan karkealla tasolla kuukausittain ottamatta huomioon tilakohtaista jäähdytystarpeen vaihtelua tai jäähdytystarpeen vuorokautista vaihtelua. Kesäajan sisälämpötila lasketaan karkealla tasolla kuukausikeskiarvona lämpökuormien ja lämpöhäviöiden perusteella.

Rakennus voidaan laskea yhtenä tilana, kun rakennuksen lämmitettyjen tilojen sisälämpötila on lähes sama ja lämpökuormat ovat kohtuullisen pieniä tai tasaisesti jakautuneita koko rakennuksessa. Rakennuksen tilat on tarkoituksenmukaista laskea erikseen, kun rakennuksessa on käyttötarkoitukseltaan selvästi toisistaan poikkeavia tiloja, esimerkiksi asuntoja ja liiketiloja. Koko rakennuksen energiankulutus saadaan laske-
malla yhteen tilakohtaiset arvot.

4 RAKENNUKSEN ENERGIAKULUTUKSEN LASKENTA

Tämän opinnäytetyön laskenta perustuu Suomen rakentamismääräyksiin ja -lakeihin sekä oppaisiin pientalon D5 laskentaopas ja energiatodistusopas. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet esitetään kuvassa 9.

Energiankulutus lasketaan vaiheittain seuraavasti:

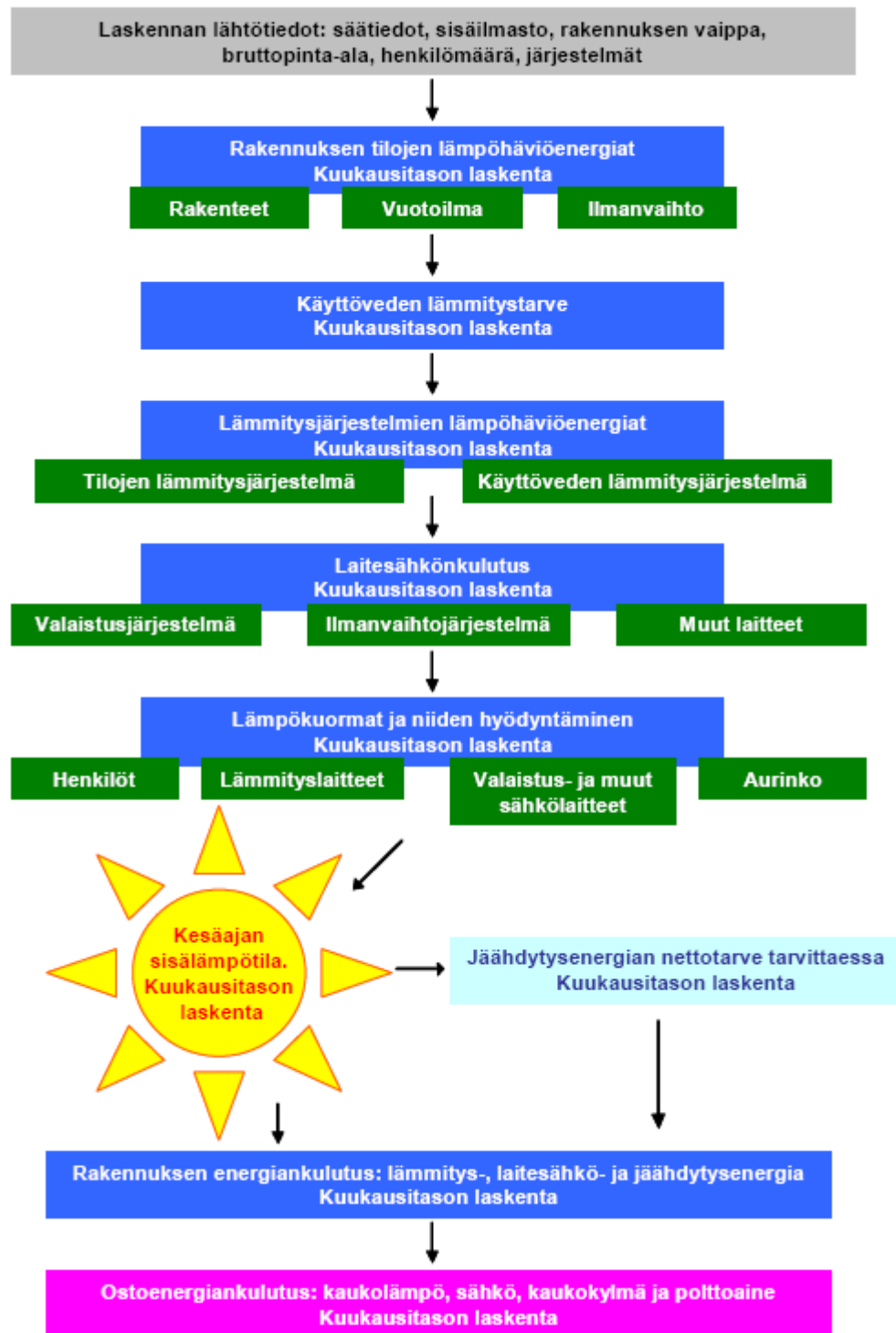
1. lämpöhäviöenergiat (vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto)
2. käyttöveden lämmitystarve
3. lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat
4. laitesähköenergiankulutus
5. lämpökuormat
6. jäähdytysenergiantarve ja kulutus sekä kesäajan sisälämpötila
7. lämmitysenergiankulutus
8. rakennuksen energiankulutus
9. ostoenergiankulutus.

Laskentamenetelmässä käytettävä rakennuksen energiatase esitetään kuvassa 10. Laskenta sisältää lämmitysenergia, sähköenergia- ja jäähdytysenergiataseen sekä näiden vaikutukset toisiinsa.

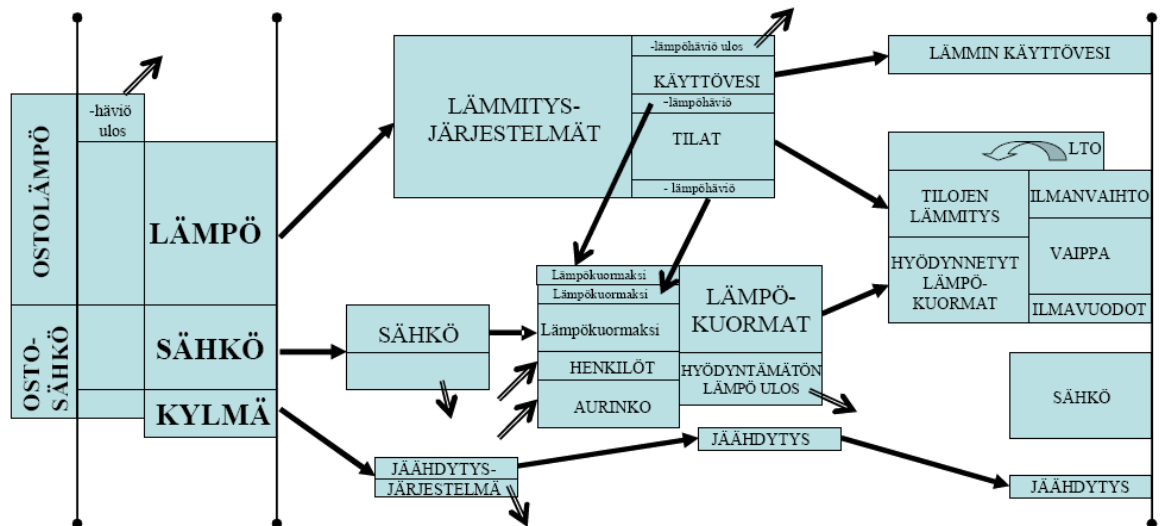
Rakennuksen energiantarve koostuu käyttöveden lämmitystarpeesta, tilojen lämmitystarpeesta (vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto), sähköenergiatarpeesta ja jäähdytystarpeesta. Energiantarve katetaan järjestelmien siirtämällä lämpöenergialla, sähköenergialla ja jäähdytysenergialla (kylmäenergia) sekä rakennukseen tulevalle auringon säteilyenergialla ja muilla hyödynnettävillä lämpökuormilla.

Rakennuksen energiankulutus koostuu järjestelmien siirtämästä lämpöenergiasta, sähköenergiasta ja jäähdytysenergiasta sekä järjestelmien häviöistä. Ostoenergiantarve lasketaan rakennuksen energiankulutuksesta kiinteistökohtaisen energiantuotannon vuosihyötysuhteen perusteella.

Energiankulutus lasketaan kuvan 11 mukaisilla rakennuksen maantieteellisen sijainnin mukaisilla säätiedoilla. Taulukossa 10 esitetään kuukausittaisen energiankulutuksen laskennassa käytettävät kuukausien pituudet tunteina. Energiankulutuksen laskennassa voidaan käyttää säätietoja, jotka kuvaavat paikkakunnan keskimääräisiä sääoloja paremmin kuin kuvan 11 säätiedot.



Kuva 9. Rakennuksen energiankulutuksen laskennan vaiheet. /14./



Kuva 10. Rakennuksen energiatase ja energiankulutuksen laskentaperiaate. /14./

4.1 Rakennuksen energiankulutus laskentakaavat

Rakennuksen energiankulutus E_{rakennus} on rakennuksen lämmitysenergian, laitesähkö-energian ja jäähdytysenergian yhteenlaskettu kulutus kaavan (1) mukaan.

$$E_{\text{rakennus}} = Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys, tilat}} \quad (1)$$

missä

E_{rakennus} rakennuksen energiankulutus, kWh

$Q_{\text{lämmitys}}$ rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh

$W_{\text{laitesähkö}}$ rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus, kWh

$Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$ rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus, kWh (kylmäenergia)

Lämmitysenergia

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys}}$ on tilojen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian yhteenlaskettu kulutus ja se lasketaan kaavalla 2.

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} + Q_{\text{lkv}} + Q_{\text{LP}} / \epsilon_{\text{LP}} \quad (2)$$

missä

$Q_{\text{lämmitys}}$ rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh

Q_{lkv} käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh

Q_{LP} poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

ϵ_{LP} poistoilmalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin,

Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus $Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ lasketaan kaavalla (3).

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} - Q_{LP, \text{tilat}} \quad (3)$$

missä

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$ rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{LP, \text{tilat}}$ poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja tilojen lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

Rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve $Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ lasketaan kaavalla 4

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{iv} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (4)$$

missä

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve, kWh

Q_{joht} rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh

Q_{iv} ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus Q_{lkv} lasketaan kaavan 5 avulla.

$$Q_{lkv} = Q_{lkv, \text{netto}} + Q_{lkv, \text{häviöt}} - Q_{LP, lkv} \quad (5)$$

missä

Q_{lkv} käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh

$Q_{lkv, \text{netto}}$ käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiantarve, kWh

$Q_{lkv, \text{häviöt}}$ käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{LP, lkv}$ poistoilmalämpöpumpun varaajaan siirtämä ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

Jos rakennus varustetaan jäähdytysjärjestelmällä, niin rakennuksen tilojen jäähdytysenergiankulutus $Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$ lasketaan jäähdytysenergian tarpeen ja jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteen avulla kuukausittain kaavalla 6. Hyötysuhde ottaa huomioon esimerkiksi jäähdytysjärjestelmän putkiston ja varaajien kylmähäviöt. Jäähdytysjärjestelmän kylmähäviöt ovat jäähdytysjärjestelmään tuodun kylmäenergian ja jäähdytysenergian tarpeen erotus.

$$Q_{\text{jäähdytys, tilat}} = Q_{\text{jäähdytys, tilat, netto}} / \eta_{\text{jäähdytys, tilat}} \quad (6)$$

missä

$Q_{\text{jäähdytys, tilat}}$ rakennuksen tilojen jäähdytysenergian kulutus (jäähdytysjärjestelmään tuotu kylmäenergia), kWh

$Q_{\text{jäähdytys, tilat, netto}}$ rakennuksen tilojen jäähdytyksen nettoenergian tarve, kWh

$\eta_{\text{jäähdytys, tilat}}$ tilojen jäähdytysjärjestelmän hyötysuhde, Jäähdytysjärjestelmän hyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,7, ellei tarkempia tietoja ole.

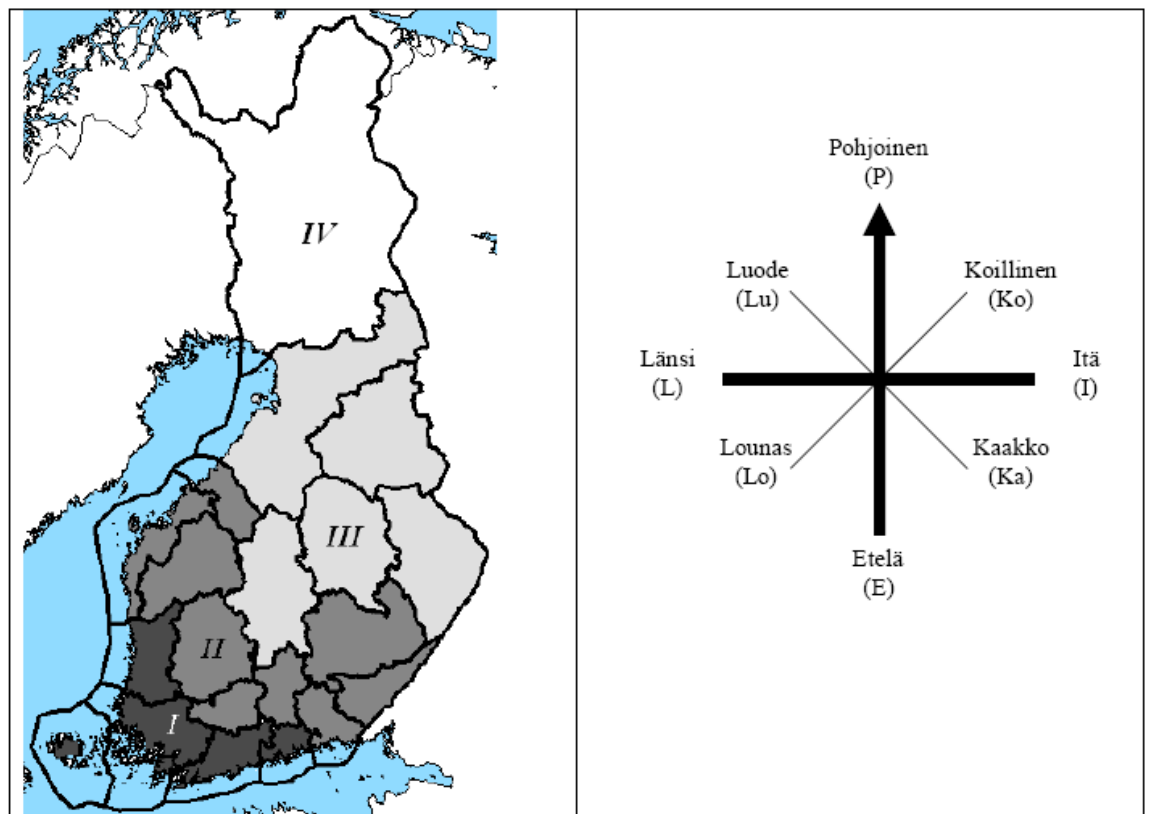
4.2 Energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot

Energiankulutus voidaan laskea tässä alla esitetyillä säätiedoilla. Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Säävyöhykkeet esitetään kuvassa 11. Vyöhykkeiden kuukausittaiset ulkoilman keskilämpötilat, (esim. taulukko 6 säävyöhyke 2) pohjautuvat Helsinki Vantaan (säävyöhyke I), Jokioisten (säävyöhyke II), Jyväskylän-Luonetjärven (säävyöhyke III) ja Sodankylän (säävyöhyke IV) säähavaintoasemien mittauksiin Ilmatieteen laitoksen testivuodelta 1979.

Taulukko 6. Säätiedot kuukausittain säävyöhykkeellä 2, Jokioinen 1979. /14/

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$, kWh/m ²	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-9,16	7,1	811
Helmikuu	-10,4	27,6	767
Maaliskuu	-1,80	53,5	583
Huhtikuu	1,68	93,4	460
Toukokuu	10,5	154,1	169
Kesäkuu	15,5	187,5	0
Heinäkuu	14,2	123,3	17
Elokuu	15,2	128,6	0
Syyskuu	9,08	67,0	230
Lokakuu	3,37	31,0	423
Marraskuu	0,81	7,8	486
Joulukuu	-5,25	4,5	690
Koko vuosi	3,72	885,4	4 634

Normituslämmitystarvelukua (S17) käytetään apuna, jos halutaan verrata testivuoden lämmitystarvetta muiden vuosien tai paikkakuntien lämmitystarpeeseen



Kuva 11. Säävyöhykkeet Suomessa ja suuntakompassi. /14./

Taulukko 7. Mitoituslämpötila eri säävyöhykkeillä. /14./

Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	+5	+1
II	-29	+4	0
III	-32	+2	-1
IV	-38	0	-5

4.3 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia (Q_{aur}) lasketaan kaavalla 7. Säteilyenergia sisältää sekä ikkunoista rakennuksen sisälle suoraan tulevan että välillisesti ikkunaan absorboituneena lämpönä sisälle rakennukseen tulevan energian.

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily, vaakapinta} F_{suunta} F_{läpäisy} A_{ikk} \quad g = \sum G_{säteily, pystypinta} F_{läpäisy} A_{ikk} \quad g \quad (7)$$

missä

Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
$G_{säteily, vaakapinta}$	vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
$G_{säteily, pystypinta}$	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m ² kk)
F_{suunta}	muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi,
$F_{läpäisy}$	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin,
A_{ikk}	ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m ²
g	valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin,

Lämmityksessä hyödynnettävä, ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia riippuu paitsi ikkunoiden pinta-alasta ja suuntauksesta myös puitteista, lasitusten ominaisuuksista ja verhoista, luukuista ja muista suojarakenteista sekä ulkopuolisista varjostuksista, jollaisia ovat muut rakennukset tai kasvillisuus.

Mikäli ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerrointa (g) ei tunneta, se lasketaan kaavalla 8. Ellei kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerrointa ($g_{\text{kohtisuora}}$) tunneta, voidaan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin laskea taulukon 8 arvoista ikkunalasituksen tyypin perusteella kaavalla

$$g = 0,9 g_{\text{kohtisuora}} \quad (8)$$

missä

g ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, .
 $g_{\text{kohtisuora}}$ ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin.

Taulukko 8. Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin. /14./

Ikkunalasituksen tyyppi (lasitusta vastaava U-arvo, W/m ² K)	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus (6,0)	0,85
Kaksinkertainen lasitus (3,0)	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna (2,0)	0,70
Eristyslasi + erillislasi (1,8)	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi (1,0 - 1,4)	0,55
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna, matalaemissiviteettipinnoite (1,0 - 1,4)	0,50
Kaksi eristyslasiä, matalaemissiviteettipinnoite (0,7 – 0,9)	0,40
Tehokas auringonsuojalasi	0,20

4.4 Lämpövuotojen laskenta

Rakennuksen ulkovaipan ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla 9 eli summataan eri osien kulutukset keskenään. Ikkunan ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla 10.

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (9)$$

Kaava ikkunan ominaislämpöhäviön laskentaan

$$\sum H_{\text{ikk}} = (U_{\text{ikk}} A_{\text{ikk}}) \quad (10)$$

5 ELINKAARISUUNNITTELU JA -KUSTANNUKSET

Rakennuksen elinkaari on ajanjakso, johon lasketaan kuuluviksi rakennusmateriaalien ja-tarvikkeiden valmistusvaihe, rakennuksen rakentamisvaihe, käyttövaihe ja purka-

misvaihe. Usein siitä käytetään myös nimitystä rakennuksen käyttöikä, mikä varsinaisesti tarkoittaa pelkästään käyttövaihetta, mikä onkin elinkaaresta ylivoimaisesti pisin vaihe. Pientalon elinkaaren tavoite- ja suunnittelupituudeksi on syytä asettaa 100 vuotta. Rakennus voidaan purkaa aikaisemmin, mutta hyvin tehtynä ja huollettuna se voi olla käytössä pitempäänkin.

Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tehtävillä ratkaisuilla voidaan huomattavasti vaikuttaa rakennuksen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin ja kustannuksiin. Elinkaariajattelu on viime aikoina lisääntynyt rakennus- ja kiinteistöalalla. Tämä näkyy muun muassa rakentamistaloudessa tarkastelun siirtymisessä rakennuskustannuksista koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin. Merkittävä osa rakennuksen kaikista kustannuksista koituu juuri käyttövaiheesta. Opinnäytetyössäni olen elinkaarikustannusvertailussa huomionut seuraavat kustannukset:

- Hankintakustannukset
- Rahoituskustannukset
- Hoitokustannukset
- Kunnossapitokustannukset
- Sähkö, Öljy, kaukolämpö energiamuotona.

5.1 Elinkaarisuunnittelu

Rakennuksen elinkaarenaikaisien rahakustannuksien muodostuminen voidaan jakaa monella eri tavalla. Elinkaarikustannukset sisältävät suunnittelu- ja rakennuskustannukset, huoltokustannukset, kunnossapitokustannukset, uusimiskustannukset ja energiakustannukset. Lisäksi tulee ottaa huomioon rakennuksen käytöstä poistamisesta aiheutuneet kustannukset, jäännösarvokustannukset. Näitä kustannuksia kutsutaan myös hävittämiskustannuksiksi. /13./

Elinkaarisuunnittelun keskeinen tuotos on rakennuksen huoltokirja. Siihen kirjataan käytön aikana tarvittavat huolto- ja kunnostustoimenpiteet ja niiden arvioidut aikavälit. Elinkaarisuunnittelun yhteydessä voidaan myös varautua tiedossa ehkä olevaan, mutta myöhemmin tapahtuvaan lisätilan rakentamiseen tai käyttötarkoituksen muuttamiseen käyttöiän jossain vaiheessa. Perheen kasvaessa tarvitaan ehkä lisätilaa tai sukupolven vaihtuessa tilantarve vähenee tai muuttuu, jolloin rakennuksen tulisi jous-

tavasti mukautua uusiin tilantarpeisiin. Muuntojoustavuus ja mahdollinen käyttötar-koituksen muutos kannattaa ottaa elinkaarisuunnittelussa huomioon. Elinkaarisuunnit-telu on haaste suunnittelijoille, mutta rakennuttajien pitäisi olla arvioimassa, millaisiin tilojen käyttötarpeisiin käytön aikana on syytä varautua. Yleisesti hyväksyttyä ja käy-tössä olevaa menettelytapaa elinkaarisuunnittelua varten ei ole olemassa, mutta talou-dellisiin tarkasteluihin voidaan hyvin soveltaa tavanomaisia investointilaskennan peri-aatteita ja menettelytapoja. /18./

Elinkaarisuunnittelu on suunnitteluvaiheessa tehtävien valintojen tekemistä. Eri vaih-toehtoja puntaroidessa elinkaarikustannukset ovat muiden tekijöiden ohessa tärkeä valintaperuste. Siksi kustannuslaskennalla on elinkaarisuunnittelussa keskeinen rooli. Voidaankin sanoa, että elinkaarisuunnittelussa on kaksi keskeistä haastetta:

- rakenteiden ja materiaalien kestoikien arviointi eli kunnossapitotaksojen määrit-täminen.
- elinkaarikustannusten arviointi. Rakennuskustannusten lisäksi joudutaan arvioimaan myös vuosikustannuksia (energia, materiaalit) ja kunnossapitokustannuksia.

Voidaan puhua myös koko rakennuksen elinkaarisuunnittelun sijasta jonkin ra-kennusosan elinkaarisuunnittelusta. Tällaisia rakennusosia voidaan pientalostakin erottaa runsaasti, kuten ikkunat, vesikatto, lämmitysjärjestelmä tai sen osat, julkisivu-verhous jne. Rakennusosiin kohdistuva tarkastelu onkin käytännössä yleisempää, kos-ka isojen kokonaisuuksien hallinta on vaikeaa tai mahdotonta. /18./

5.2 Elinkaarikustannukset

Pientalon elinkaaren aikaiset kokonaiskustannukset koostuvat useasta osasta:

- rakentamisen aikana syntyvät investointikustannukset eli tontin hinta, suunnittelu, liittymismaksut ja itse rakentamisesta aiheutuvat kustannukset
- vuosittain syntyvät hoitokustannukset, kuten lämmitys, sähkö ja verot
- kunnossapitotaksojen välein syntyvät kunnossapitokustannukset
- elinkaaren lopussa syntyvät purkamis- ja uudelleenkäyttö- tai hävittämis-kustannukset.

Elinkaaren aikana voidaan rakennuksessa tehdä myös alkuperäistä käyttötarkoitusta parantavia tai muuttavia rakennustöitä. Niitä ei kuitenkaan voida ennalta arvata, joten ne yleensä jätetään huomioon ottamatta elinkaarikustannuksia arvioitaessa.

Jotta elinkaaren eri vaiheissa syntyviä kustannuksia voidaan verrata toisiinsa ja laskea yhteen, tulee kustannukset saattaa yhteismitallisiksi. Nykyarvomenetelmässä tulevaisuudessa syntyvät kustannukset (hoitokustannukset ja kunnossapitokustannukset) muutetaan diskonttaamalla vertailuajankohdan eli yleensä rakentamisajankohdan investointikustannuksiksi. Purkamiskustannukset ovat suhteellisen pieniä ja ne voidaan tavallisesti jättää laskelmista pois. Tämän jälkeen eri kustannusten nykyarvot voidaan laskea yhteen, jolloin saadaan elinkaaren kokonaiskustannusten nykyarvo rakentamishetkellä. Ne voidaan ilmaista joko kokonaiskustannuksina € tai kustannuksina asuntoneliömetriä kohden (€/asm²).

Diskonttauksessa tarvitaan laskennallinen korkoprosentti. Se voidaan valita useillakin eri perusteilla:

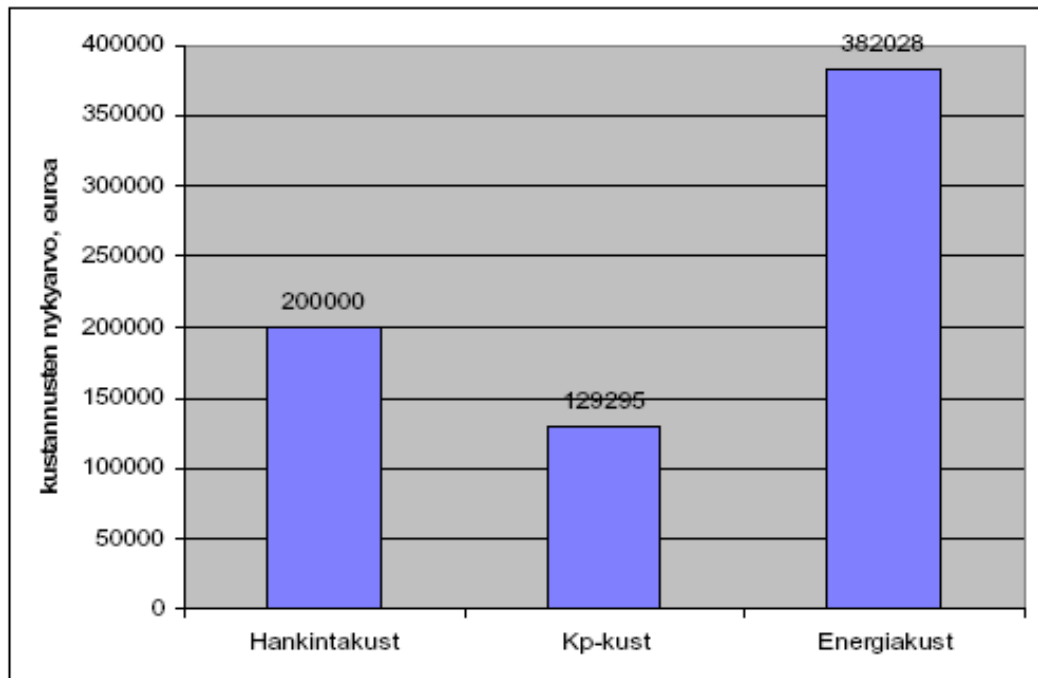
- sama kuin kansantulon keskimääräinen vuotuinen kasvuprosentti pitkällä aikavälillä. Se kuvaa myös yksityistalouksien tulotason kasvua.
- sama kuin rahatalletuksille maksettava keskimääräinen korko pitkällä aikavälillä sama kuin kilpailevista sijoituksista saatava tuotto-%
- lainarahasta maksettava keskimääräinen korko pitkällä aikavälillä

Tällä hetkellä laskennallinen korkoprosentti on suuruusluokkaa 2-5 %, mutta myöskin 0 %:a voidaan perustella. Pientalon rakennuttajan on syytä olla mukana korkoprosenttia valitsemassa.

Hoitokustannuksista suurimman osan muodostavat energiakustannukset (lämmitys ja sähkö). Energian hinnan tulevaa kehitystä on esim. 100 vuoden tähtäyksellä vaikea ennustaa, mutta yleensä sen reaaliarvon arvioidaan tulevaisuudessa nousevan huomattavasti. Tämä voidaan ottaa huomioon elinkaarilaskelmissa kertomalla energian laskentahetken hinta arvioidulla korotuskertoimella.

Pientalon kokonaiselinkaarikustannuksia voidaan käyttää esim. kahden tai useamman pientalon keskinäiseen vertailuun. Pientalosta haaveileva perhe voi vertailla esim. eri talovalmistajien tarjoamia talomalleja ja niiden hintoja keskenään. Tällöin elinkaarikustannukset ovat tärkeä, mutta ei ainoa vertailukriteeri. Muut ns. laatutekijät, joiden painotus riippuu aina arvioijasta, on myös syytä ottaa huomioon. On huomattava, että

elinkaarikustannusten laskennallinen arviointi on työläs tehtävä ja laskentatuloksiin sisältyy aina epävarmuustekijöitä. Kuvassa 12 on esitetty keskikokoisen pientalon elinkaarikustannusten keskimääräinen jakauma.



Kuva 12. Elinkaarikustannusten muodostuminen omakotitalossa, jonka hankintahinta on 200 000 euroa ja energian hinta on 5 c/kWh. Elinkaaren aikana kunnossapitokustannukset ovat keskimäärin 1 % hankintahinnasta vuodessa ja energian reaalihintanousee keskimäärin 1,5 % vuodessa. Taloudellinen pitoaika on 100 vuotta ja laskentakorko 2 %./18./

5.3 Elinkaaritarkastelut

Käytännössä elinkaaritarkastelut on useimmiten järkevää kohdistaa koko rakennuksen sijasta rakennusosia, materiaaleja ja teknisiä järjestelmiä koskeviin valintatilanteisiin. Toisin sanoen: koko rakennuksen elinkaarisuunnittelu jaetaan pienempiin osiin, joiden yhteydessä tehtävät suunnitteluvalinnat tehdään elinkaarikustannukset minimoiden, mutta kuitenkin laadulliset vaatimukset täyttäen. Tällöin elinkaarikustannusten laskenta kohdistetaan vain niihin kustannuksiin, jotka ovat erilaisia eri vaihtoehtojen välillä. Menettelytapa on periaatteessa seuraava:

1. Valitaan tarkasteltaviksi muutamia vaihtoehtoisia ratkaisumalleja, jotka täyttävät toiminnalliset ja laadulliset vaatimukset ja ovat toteuttamiskelpoisia.

2. Arvioidaan rakennuksen elinkaaren pituus, pientalolle noin 100 vuotta.
3. Arvioidaan kullekin vaihtoehdolle investointikustannukset rakentamisaikana (rakennuskustannukset).
4. Arvioidaan kullekin vaihtoehdolle kunnossapitokustannukset ja kunnossapitokustannukset elinkaaren aikana.
5. Arvioidaan kullekin vaihtoehdolle vuosikustannukset (lämpö, sähkö, huolto tms.).
6. Arvioidaan laskennallinen korkoprosentti ja diskontataan kunnossapitokustannukset ja vuosikustannukset rakentamishetkeen. Koska korkoprosentti vaikuttaa voimakkaasti vaihtoehtojen välisiin kustannuseroihin, voidaan vertailulaskelmat tehdä esim. kolmea erilaista korkoprosenttia käyttäen.
7. Lasketaan kunkin vaihtoehdon investointikustannukset ja diskontatut kunnossapito- ja vuosikustannukset yhteen, jolloin saadaan kullekin vaihtoehdolle elinkaarikustannukset.
8. Arvioidaan eri vaihtoehtojen laadullisia ominaisuuksia ja valitaan suunnittelu ratkaisuksi parhaan hinta-laatusuhteen omaava vaihtoehto.

5.4 Kotitalousvähennys

Kotona teetetyt työn kustannukset saa osittain vähentää verosta. Vähentää saa 30 % maksetusta palkasta ja palkan sivukulut tai 60 % ennakoperintärekisteriin merkitylle yrittäjälle tai yritykselle maksetusta työkorvauksesta. Työkorvauksella tarkoitetaan työstä yrittäjälle tai yritykselle maksettua suoritusta, joka ei ole luonteeltaan palkkaa. Kotitalousvähennys on henkilökohtainen. Se ei ole perhekohtainen, joten puolisoista vähennyksen voi saada kumpikin erikseen, jos heillä on riittävästi vähennettäviä kustannuksia. Vähennettävien kustannusten omavastuu on 100 euroa. /9./

Kotitalousvähennyksen tarkoitus on ollut parantaa työllisyyttä kannustamalla kotitalouksia teettämään ulkopuolisilla sellaisia töitä, jotka ne aikaisemmin ovat tehneet itse. Lisäksi tarkoitus on ollut edistää asuntojen omatoimista ylläpitotoimintaa. /9./

5.4.1 Vähennykseen oikeuttava työ

Vähennykseen oikeuttaa **tavanomainen** kotitalous-, hoiva- tai hoitotyö sekä asunnon ja vapaa-ajan asunnon kunnossapito- ja perusparannustyö. Tavanomaisuus -vaatimus koskee sekä kotitaloustyötä että hoiva- ja hoitotyötä. Tavanomaisuudella tarkoitetaan työtä, jota normaalisti tehdään kodin ja siellä asuvien henkilöiden hyväksi. /9./

5.4.2 Vähennystä ei saa muusta kuin työn osuudesta

Kotitalousvähennyksen saa vain teetetyt työn osuudesta. Vähennystä ei saa työhön liittyvistä matkakuluista tai tarvikkeista. Myöskään työssä käytetyn koneen osuudesta ei saa vähennystä. /9./

Verohallituksen vuodelta 2005 toimitettavaa verotusta varten antamassa [yhtenäistä-misohjeessa](#) (dnro 1572/32/2005,4.1.2006) todetaan työn osuuden arvioinnista seuraavaa: ”Kotitalousvähennyksen perusteena olevan työn osuus voidaan arvioida, jos verovelvollisen selvityksestä ei käy ilmi, mikä osuus työkorvauksesta on vähennykseen oikeuttavan työn osuutta ja mikä vähennyskelpotonta koneen osuutta. Arvio tehdään työhön käytetyn ajan perusteella siten, että vähennyskelpoisen työn osuudeksi katsotaan 25 euroa henkilöltä tehtyä työtuntia kohti. Määrää sovelletaan tilanteissa, joissa työ tehdään koneella, jonka osuus muodostaa merkittävän osan kustannuksista. Tällaisia työkoneita ovat esimerkiksi erilaiset kaivinkoneet ja traktorit sekä porakaivon teossa käytettävä pora-auto.” /9./

5.4.2 Vähennystä ei saa omasta työstä

Hallituksen esityksessä (144/2006) tuloverolain 127 a §:ään esitetään lisättäväksi uusi 4 momentti, jolloin nykyinen 4 momentti siirtyisi uudeksi 5 momentiksi. Uuden säännöksen mukaan kotitalousvähennystä ei myönnettäisi verovelvollisen itse tekemästä työstä eikä työstä, jonka on tehnyt vähennystä vaativan verovelvollisen kanssa samassa taloudessa asuva henkilö. /9./

Vähennystä ei saisi näin ollen esimerkiksi palkoista, jotka verovelvollinen maksaa puolisolleen, avopuolisolleen tai kotona asuville lapsilleen. Vähennystä ei saisi myöskään työstä, joka on ostettu verovelvollisen omalta tai hänen kanssaan samassa taloudessa asuvan henkilön yritykseltä ja työn tekee verovelvollinen itse tai hänen kanssaan samassa taloudessa asuva henkilö. /9./

5.5 Ekotehokas rakennus kuormittaa ympäristöä vähemmän

Ekotehokas rakennus tuottaa omistajalleen mahdollisimman paljon hyötyä, mutta aiheuttaa mahdollisimman vähän kuormitusta ympäristölle. Hyötyä tuottavia ominaisuuksia ovat rakennuksen toimivuus, edulliset hankinta-, ylläpito- ja huoltokustannukset, pitkä käyttöikä sekä korkea jälleenmyyntiarvo.

Keskeisiä ympäristökuormia ovat luonnonvarojen kuten energian, materiaalien ja veden kulutus, vaikutukset ihmisten terveyteen ja luonnon monimuotoisuuteen sekä aiheutetut päästöt, joihin kuuluvat nestemäiset ja kaasumaiset päästöt sekä kiinteät jätteet. Ympäristökuormia aiheutuu rakennuksen koko elinkaaren aikana, rakennustuotteiden valmistuksessa, rakentamisessa, käyttövaiheessa sekä rakennuksen poistuessa käytöstä.

Rakentamisessa kulutetaan lyhyessä ajassa huomattavan paljon luonnonvaroja. Toisaalta rakennustoiminnan ympäristövaikutukset ulottuvat pitkälle tulevaisuuteen etenkin rakennuksen käytön aikaisina ympäristökuormina, esimerkiksi energian- ja vedenkulutuksena sekä hiilidioksidipäästöinä.

Rakennustuotteiden ja rakenneratkaisujen ekotehokkuutta voidaan vertailla esimerkiksi tarkastelemalla samanarvoisten (elinkaarikustannukset, toimivuus, käyttöikä) ratkaisujen ympäristöominaisuuksia.

Ympäristöominaisuudet selvitetään elinkaariarvioinnilla (LCA-laskenta), jossa käydään läpi tuotteen tai rakennusosan kaikki ympäristövaikutukset raaka-aineiden hankinnasta käytöstä poistoon ja loppusijoitukseen asti.

Rakennustuoteteollisuus on viime aikoina muun teollisuuden ohella kehittänyt tuotantoprosessejaan elinkaarilaskelmien avulla ympäristöystävällisempään suuntaan. Myös tuotteiden kierrätettävyyteen on uudistuneen jätelainsäädännön myötä alettu kiinnittää enemmän huomioita.

6. TUTKIMUSKOHTEN TULOSTEN KÄSITTELY JA LASKENTA

Tutkimuskohteena olevan omakotitalon ikkunakoot ja määrät on esitetty alla olevassa taulukossa 9. Kohteen ikkunat ovat siis vuodelta 1980, joiden U-arvo oletetaan uutena olleen $1,7 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Koska ikkunat ovat kuitenkin kohta 30 vuotta vanhoja, tiivistille ei ole tehty korjauksia ja kittaukset ovat haurastuneet, käytän laskennassa nykyisille ikkunoille U-arvoa $2,0 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Lisäksi lämpökameralla ja U-arvo mittarilla U-arvoa on selvitetty.



Kuva 13. Olemassa oleva ikkuna itään päin, makuuhuone.

6.1 Ikkunoiden energiakulutuksen laskenta

Ikkunoiden pinta-alaan lasketaan karmien ja ikkunaosien yhteenlaskettu kokonaispinta-ala. Tässä työssä ei lasketa kokonaiskulutuksia, vaan keskitytään ainoastaan nykyikkunoilla ja uusilla matalaenergiaikkunoilla energiakulutuksen vaikutuksiin. Ikkunoiden neliömäärät jakaantuvat eri ilmansuuntiin seuraavan taulukon 9 mukaan.

Taulukko 9. Ikkunoiden suuntaavuus kohteessa.

	Pinta-ala m ²	%
Etelään	0	0
Itään	9,76	54
Länteen	6,92	39
Pohjoiseen	1,32	7

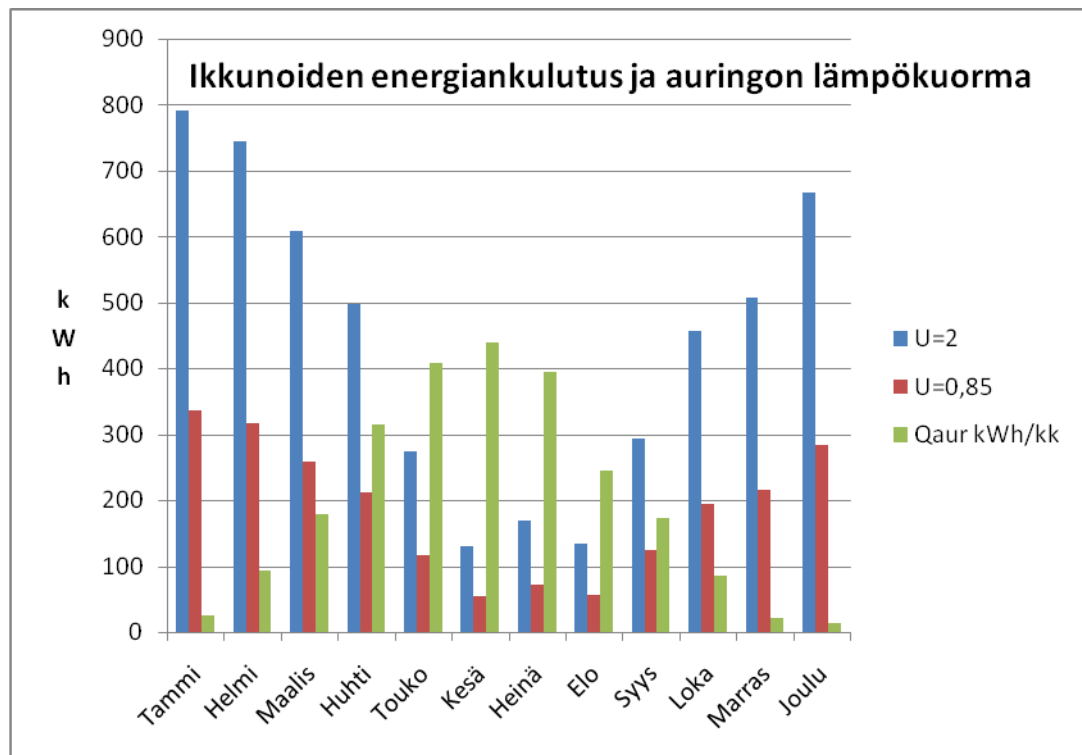
Ikkunoiden ominaislämpöhäviön on

$$\sum H_{ikk} = \sum (U_{ikk} * A_{ikk}) = 2,0 * 18,02 = 36,04 \text{ W/K} \quad (10)$$

Lämpöhäviöt (kWh) ikkunoiden läpi lasketaan D5:n kuukausi arvon mukaan. Sisälämpötilana on käytetty 21 C lämpötilaa ja ulkolämpötilan on oletettu vaihtelevan eri kuukausittain alla olevan taulukon 10 mukaan. Ikkunoiden johtumishäviöt kuukausittain on laskettu samaan taulukkoon 10 käyttäen laskennassa vanhojen ikkunoiden (2,0 W/m²K) ja matalaenergiaikkunoiden U-arvona 0,85 W/m²K.

Taulukko 10 Ikkunoiden läpi johtuva lämpöenergia. /14./

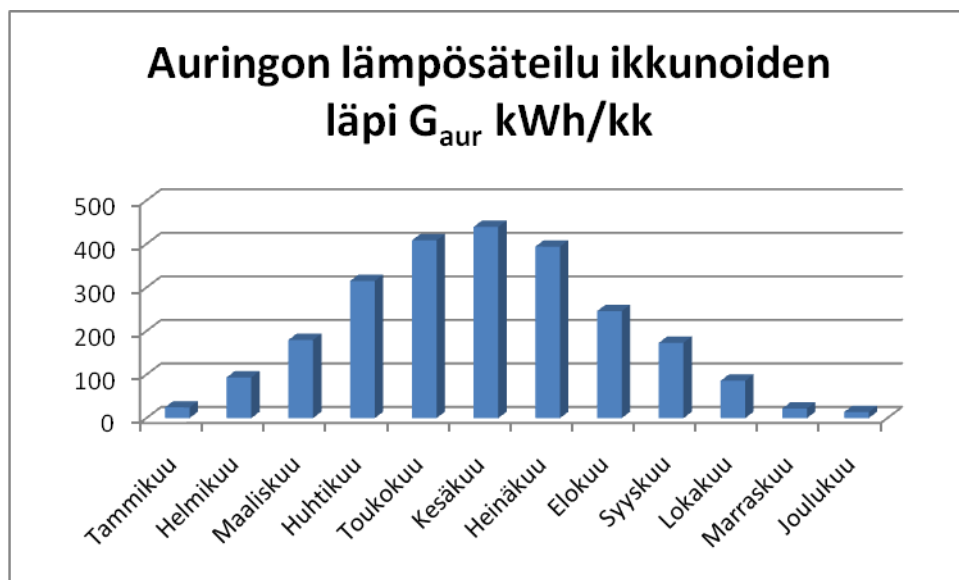
Kuukausi	Kuukau- den pituus	Ulkolämpötila	Sisälämpötila	Ikkunoiden läpi johtuva energia Q_{joht}	Matalaener- gia ikkunalla Q_{joht}
	h	°C	°C	kWh	kWh
Tammi	744	-8,53	21,0	792	337
Helmi	672	-9,75	21,0	745	317
Maalis	744	-1,68	21,0	608	258
Huhti	720	1,80	21,0	498	212
Touko	744	10,80	21,0	274	116
Kesä	720	16,00	21,0	130	55
Heinä	744	14,70	21,0	169	72
Elo	744	16,00	21,0	134	57
Syys	720	9,69	21,0	293	125
Loka	744	3095	21,0	457	194
Marras	720	1,42	21,0	508	216
Joulu	744	-3,85	21,0	666	283
Yhteensä	8760	4,29	21,0	5274	2242



Kuva 14. Ikkunoiden energiakulutus graafina olemassa olevilla ikkunoilla ja uusilla matalaenergiaikkunoilla. Lisäksi auringon säteilyenergia Q_{aur} .

6.1.1 Hyödynnettävä aurinkoenergia

Kappaleessa 2.5 käsiteltiin ilmaisia lämpökuormia. Auringon lämpösäteilyn merkitys korostuu silloin, kun ikkunat ovat suunnattu etelään ja aurinkolippoja ei ole käytettävissä. Lisäksi puusto ja muut näköesteet varjostavat auringon lämpösäteilyn vaikutusta. Kaavassa seitsemän on kerrottu, mitkä seikat vaikuttavat auringon lämpösäteilyyn. Alla olevassa kuvassa 15 on laskettu kuukausittain ja summattu eri ilmansuuntiin olevat esimerkkikohteen lämpösäteily kWh. Kuvasta voidaan tehdä johtopäätös, että talvikuukausina energian tulo on minimaalinen ja toisaalta kesällä tuleva energia on haitaksi, koska se saattaa aiheuttaa lisäjäähdytys tarpeen.



Kuva 15. Auringon lämpösäteily kuukausittain.

6.2 Ikkunatarjoukset

Ikkunatarjoukset pyysin kymmeneltä eri ikkunavalmistajalta. Yksi valmistaja ei pystynyt toimittamaan matalaenergiaikkunoita ja kaksi ei toimittanut tarjousta ollenkaan. Alla olevassa taulukossa 11 on eritelty ikkunatoimittajat ja tarjotut hinnat euroina.

Taulukko 11. Ikkunatoimittajat ja kokonaishinnat.

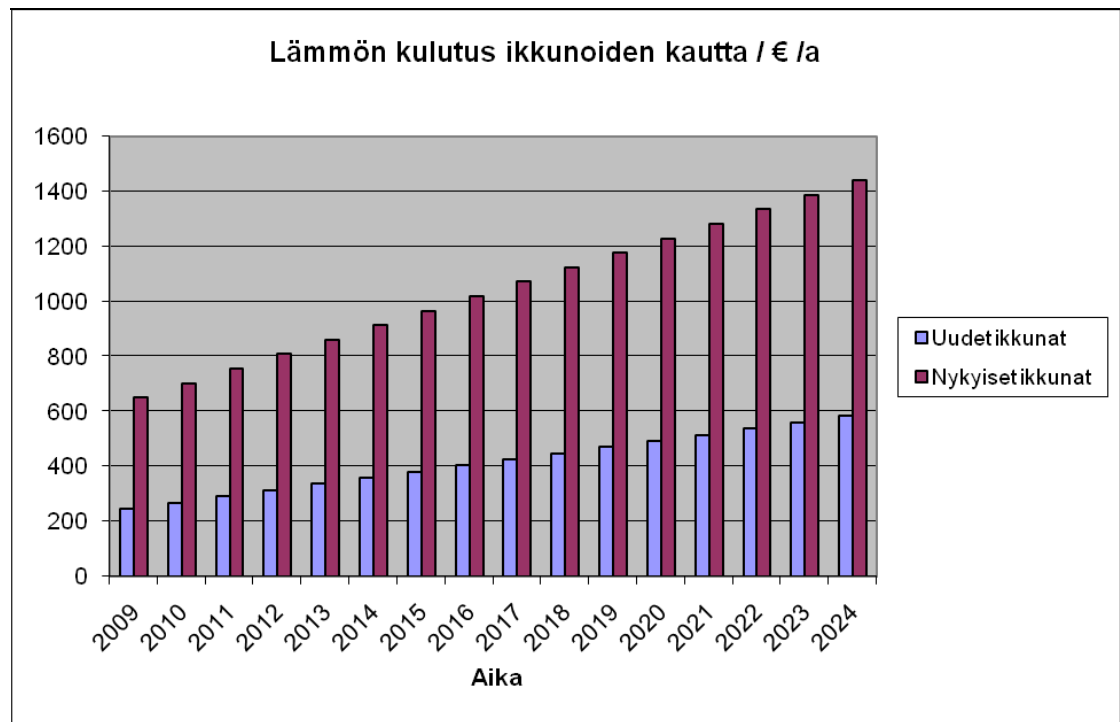
	Ikkunat	Työ	Tarvike	Yhteensä
Domus Yhtiöt Oy	3696	1800	1200	6696
Alavus Ikkunat Oy	4847	1800	1200	7847
Eskopuu Oy				
Fenestra Oy	5585	1888	1257	8730
HR-Ikkunat Rukala Oy	Ei ole matalaenergia ikkunoita			
Karvia Ikkunat Oy	Ei tarjousta			
Lammin Ikkuna Oy	Ei tarjousta			
Pihlavan Ikkuna Oy	6956	2102	524	9770
Skaala				8470
Tiivituote Oy				8470

6.3 Tuloksien elinkaarilaskenta

Käytännössä elinkaaritarkastelut on useimmiten järkevää kohdistaa koko rakennuksen sijasta rakennusosia, materiaaleja ja teknisiä järjestelmiä koskeviin valintatilanteisiin. Toisin sanoen: koko rakennuksen elinkaarisuunnittelu jaetaan pienempiin osiin, joiden yhteydessä tehtävät suunnitteluvalinnat tehdään elinkaarikustannukset minimoiden, mutta kuitenkin laadulliset vaatimukset täyttäen.

Laskelman lähtökohtana käytän taulukosta 10 saatavia energiakulutuksia nykyisillä ja matalaenergia ikkunoilla. Sähköllä tuotetun energian hinnaksi on laskettu 10 cent / kWh. Taulukon arvoista huomataan, että matalaenergiaikkunat kuluttavat 3032 kWh vähemmän lämmitysenergiaa vuodessa, kuin olemassa olevat ikkunat. Sähkön hinnan vuotuiseksi nousuprosentiksi arvioin 10 % ja pankkikoron suuruudeksi 2 % investointilaskelmissa. Lisäksi huomioin vanhoille ikkunoille maalaus- ja korjauskustannuksiksi vuosittain 70€. Ikkunavalmistajien keskihinnaksi valitsen 8000 euroa ja työn osuudeksi kotitalousvähennyksen osalta lasken 1800 euroa. Omavastuuosuus on 100 euroa. Kotitalousvähennyksenä saa siis vähentää 60 % työn osuudesta. Laskelmat esitän vuosittain, jolloin saadaan vertailtua, milloin kohde mahdollisesti maksaisi itsensä takaisin. Toisaalta ikkunoiden vaihto on viihtyisyystekijä, jonka arvoa on hankala elinkaariajattelulla hinnoitella. Lisäksi ikkuna investointi nostaa vähintään saman verran kiinteistön arvoa, mikä siihen sijoitetaan. Vaikka rakennuksille lasketaan jopa 100 vuoden ikää, käytännössä katto, ikkunat, pesutilat ja keittiö menevät varmuudella

20-40 vuodessa uusiksi nykypäivänä. Toisaalta voidaan kyseenalaistaa, kannattaako ikkunavalmistajien yrittää valmistaa ikkunaa, joka olisi ikuinen? Nykyisin tuntuu siltä, että uusien materiaalien innostamina halutaan markkinoille tuoda tuotteita, joista ei materiaalien olosuhdekokeita ole testattu tarpeeksi.



Kuva 16. Lämmön kulutus euroina ikkunoiden kautta vuositasolla.

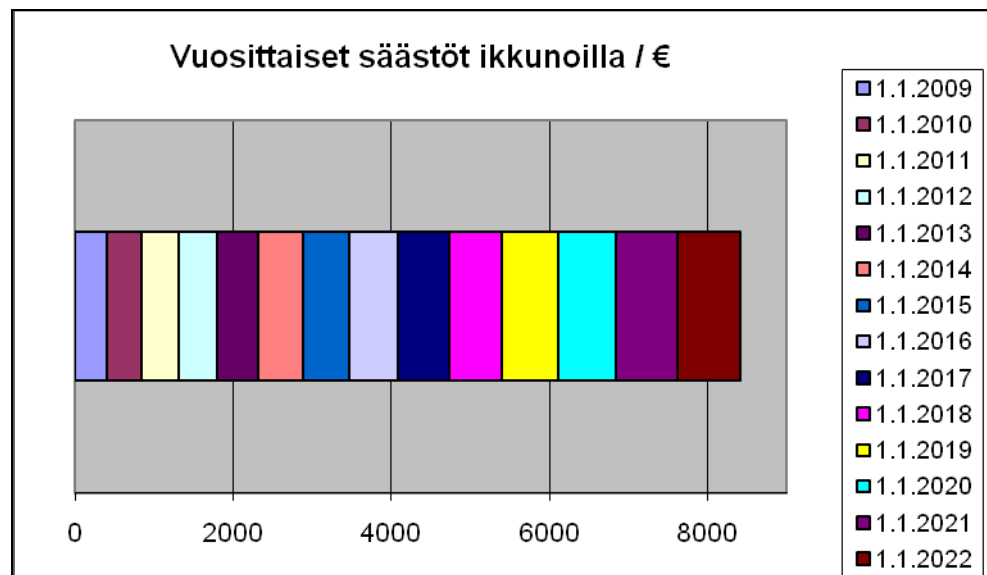
Kuvasta 16 huomataan, että alkuaikoina säästö on yli 400 euroa vuodessa ja 15 vuoden päästä yli 800 euroa vuodessa. Toisaalta pitää laskea, kuinka paljon ikkunoihin investointikustannukset ovat ja kuinka monta vuotta pitää odottaa, että saadaan ”säästettyä” ko. summan. Mielestäni oikea laskutapa on lähtöinvestointi 8000 euroa - kotitalousvähennys 60% 1800 euron työhinnasta vähennettynä omavastuuosuus ja vielä vähentäisin vuosittain korjauskustannuksien osuuden 70 euroa vuosittain.

Silloin päästään taulukon 12 lukemiin. Vastaava taulukku on esitetty grafiikkana taulukon alla olevassa kuvassa 17. Kuvasta huomataan, että 12 vuoden kuluttua investointi on maksanut itsensä takaisin tällä laskentaperiaatteella. Se mikä on oikea tapa ja miten viihtyvyystekijät ja jälleenmyyntiarvo otetaan huomioon jää meille pohdittavaksi.

Taulukko 12 Vuositasolla katsottuna ikkunoiden kautta energian kulutus euroina ja kuinka paljon euroja säästyy matalaenergiaikkunoilla vuosittain. Ensimmäisen vuoden laskelmissa huomioitu 60%:n kotitalousvähennys työn osuudesta.

Pvm	Uudet ikkunat	Nykyiset ikkunat	Säästän euroja /v	Investointi €
1.1.2009	247	650	404	8000
1.1.2010	269	703	434	6616
1.1.2011	291	756	464	6183
1.1.2012	314	808	494	5718
1.1.2013	336	861	525	5224
1.1.2014	359	914	555	4699
1.1.2015	381	967	585	4144
1.1.2016	404	1019	616	3559
1.1.2017	426	1072	646	2943
1.1.2018	448	1125	676	2297
1.1.2019	471	1178	707	1620
1.1.2020	493	1230	737	914
1.1.2021	516	1283	767	177
1.1.2022	538	1336	798	-591

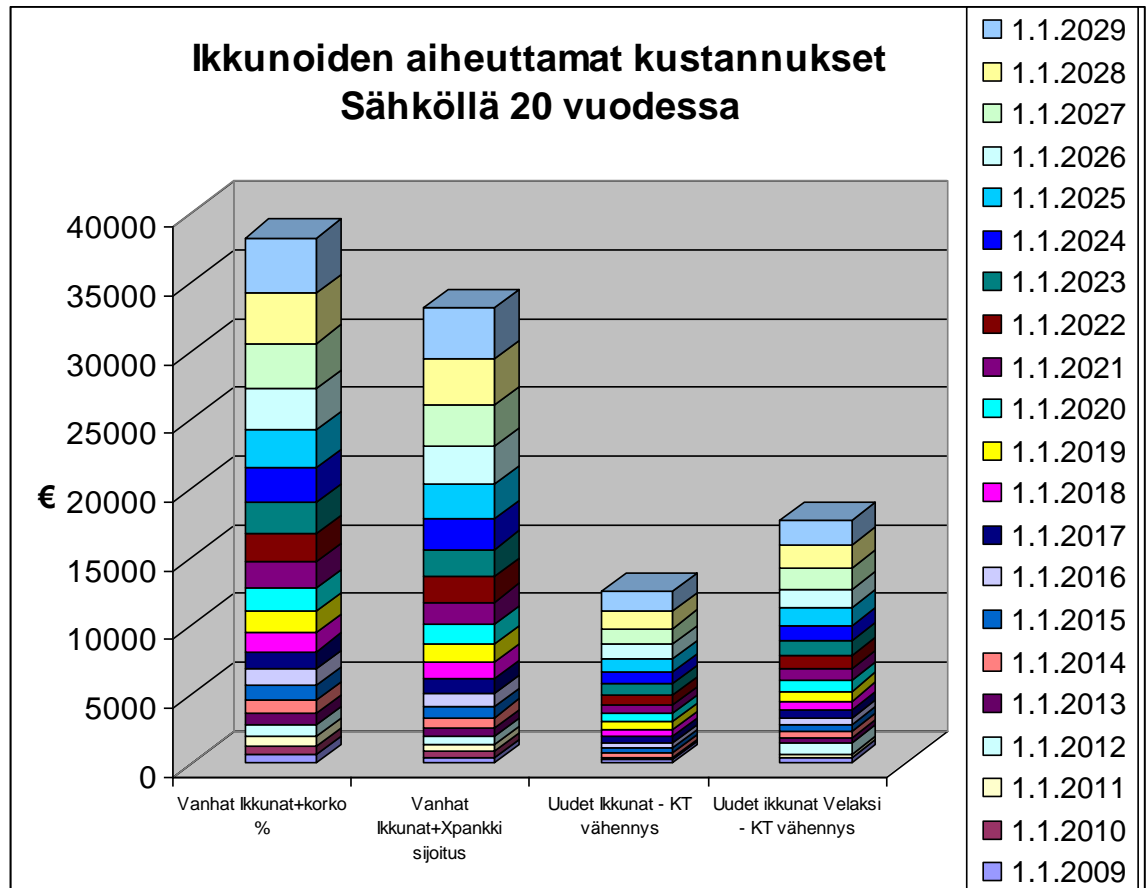
Kuvassa 16 on laskettu investoinnin alusta, kuinka monta vuotta kuluu, että ikkunoiden vaihto investointi on maksanut itsensä takaisin. Tämän jälkeen ikkunat alkavat tuottamaan voittoa. Toki kiinteistön viihtyisyyden ja jälleenmyyntiarvon nousua on hankala mitata. Alla oleviin kuviin on haluttu samaan kuvaan graafisena esittää vahojen ikkunoiden ja uusien matalaenergiaikkunoiden takaisinmaksuaika. Kutakin kuvaa on selostettu kuvatekstissä.



Kuva 17. Milloin investointi on maksanut itsensä takaisin

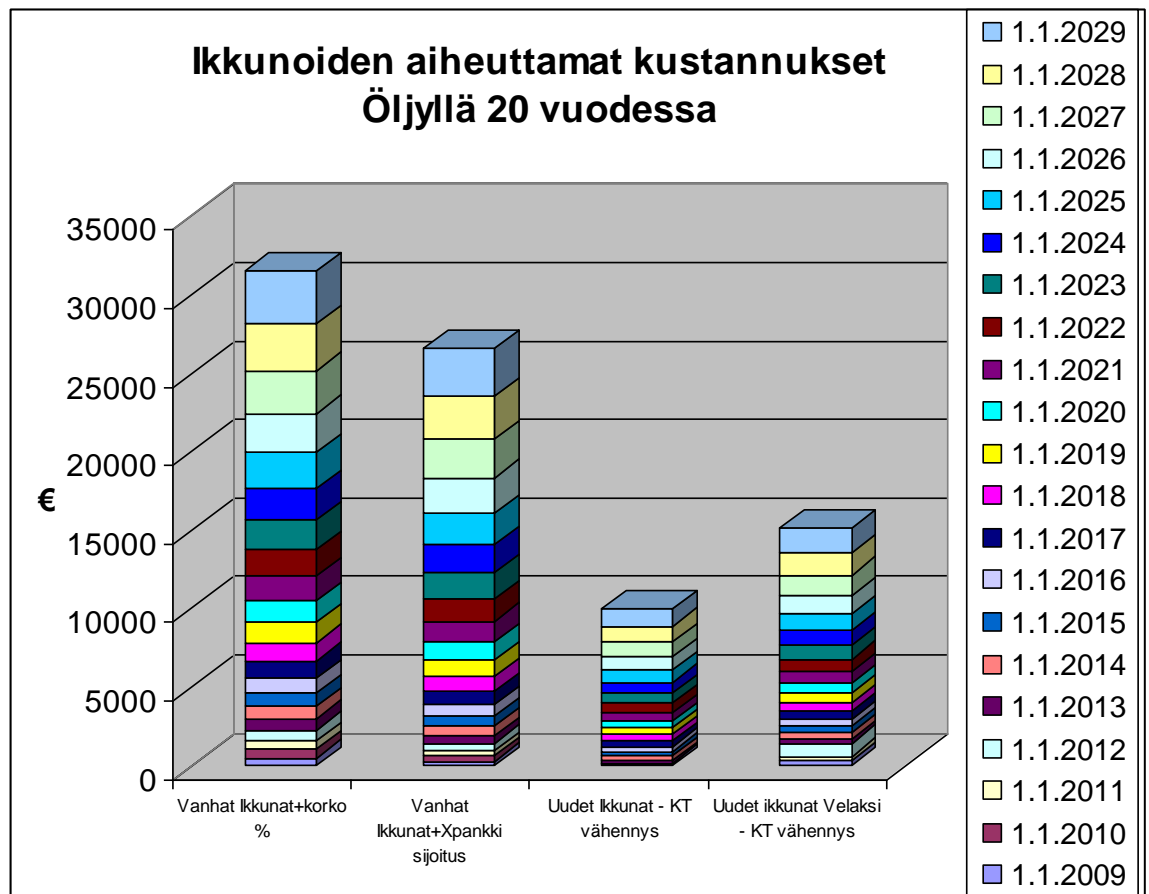
Jos vielä lisäämme vertailuun vaihtoehtoon, että sijoitamme tuon 8000 euron investoinnin vaikka X-pankkiin ja saamme sille 2% vuotuisen koron, vähennettynä 28%

lähdeveron osuus. Lainarahalla hankitut ikkunat laskennassa käytetään 2% vuotuista korkoa ja lainaa lyhennys on oletettu olevan 100€/kk. Lisäksi herkkyysanalyysinä on otettu huomioon eri energiamuodot, joilla kohdetta lämmitetään. Yleisimmät lämmitysmuodot ovat sähkö, kaukolämpö ja öljy. Sähkölämmitteisellä talolla takaisinmaksuaika muuttuu kuvan 18 mukaiseksi.



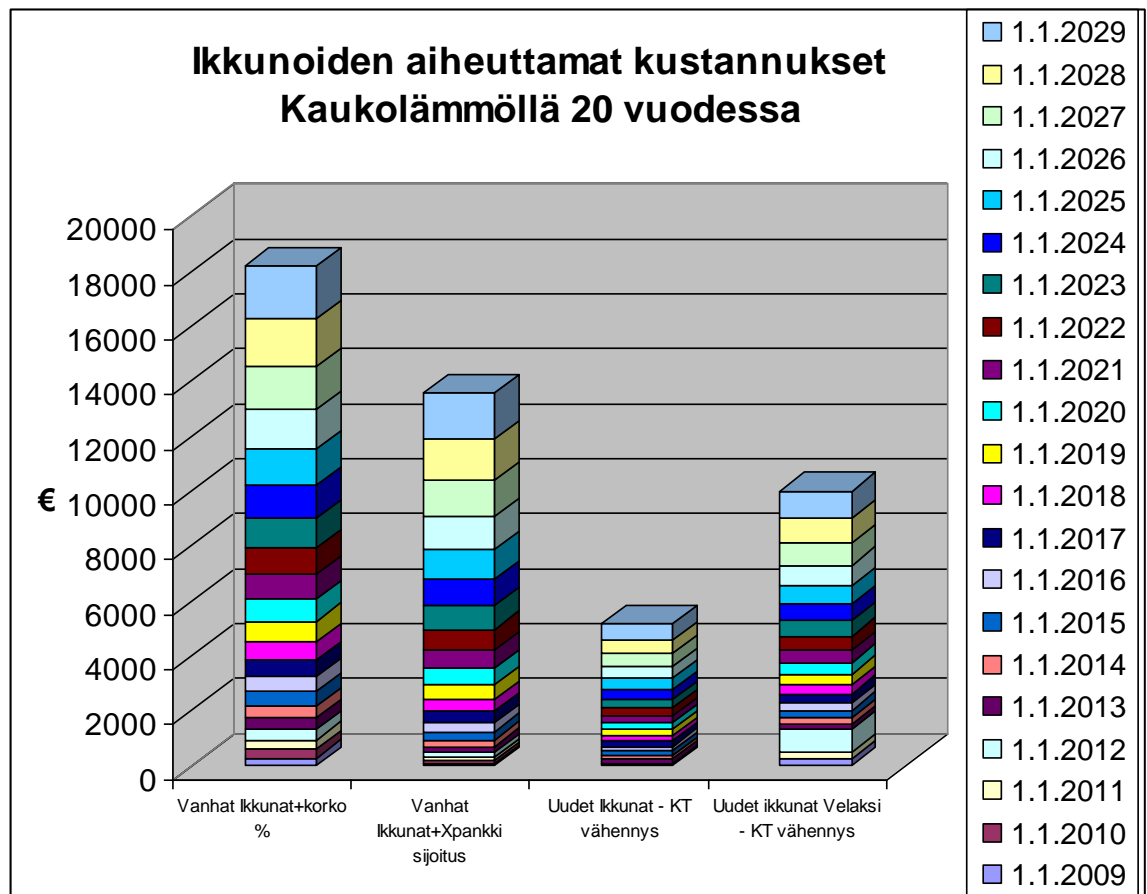
Kuva 18. Ikkunoiden aiheuttamat energiakustannukset sähköllä.

Kuvasta 18 huomataan, että 20 vuodessa energiaa kuluu vanhoilla ikkunoilla noin kolme kertaa enemmän uusiin matalaenergiaikkunoihin verrattuna. Tuon 8000 euron investoinnin takaisinmaksuaika on sähköllä 10 vuotta.



Kuva 19. Ikkunoiden aiheuttamat energiakustannukset öljyllä.

Kuvasta 19 huomataan, että 20 vuodessa energiaa kuluu vanhoilla ikkunoilla noin kolme kertaa enemmän uusiin matalaenergiakikkunoihin verrattuna. Tuon 8000 euron investoinnin takaisinmaksuaika on öljyllä 11,5 vuotta.



Kuva 20. Ikkunoiden aiheuttamat energiakustannukset kaukolämmöllä.

Kuvasta 20 huomataan, että 20 vuodessa energiaa kuluu vanhoilla ikkunoilla noin kolme ja puoli kertaa enemmän uusiin matalaenergiaikkunoihin verrattuna. Tuon 8000 euron investoinnin takaisinmaksuaika on kaukolämmöllä 16 vuotta.

6.3.1 Päätelmä investoinnista

Kuten tekstissä ja kaavioissa on laskelmia esitetty, tarkkaa ja oikeaa investointi tapaa on hankala määrittää. Lähtökohtia voi olla monenlaisia, miten energian hinta vaihtelee, onko pääomaa käytettävissä, huomioidaanko kotitalousvähennys vai pystytäänkö työn osuus tekemään itse. Laskelmissa todettiin, että investointiaika tulee todennäköisesti olemaan 10 – 20 vuotta, joten esimerkkikohteen viihtyisyys, jälleenmyyntiarvo, äänieristys ja pesun helppous puoltavat kyllä investoimaan uusiin ikkunoihin. Lisäksi kun muistetaan vielä hiilidioksidi päästöjen väheneminen, niin pyrimme pelastamaan edes vähän maapalloa lapsillemme.

6.4 Lämpökameran avulla saatava informaatio

Rakenteiden lämpötekniset puutteet ja ilmavuodot voidaan paikantaa kenttätutkimuksessa lämpökamerakuvauksella, jonka tulokset esitetään pientalon käyttö- ja huolto-ohjeisiin liitettävänä laatutodistuksena.

Pinnat lähettävät eli emittoivat lämpösäteilyä, jonka voimakkuus riippuu pintalämpötilasta ja pinnan lämpökertoimesta. Lämpökameralla mitataan infrapuna-alueen kokonaissäteilyä, joka sisältää pinnasta läpi tulleen säteilyn ja heijastuneen säteilyn. Materiaalista johtuen emissiokerroin on 0 – 1. Kiiltävillä ja heijastavilla pinnoilla on emissiokerroin 0 – 0,5 ja mustilla pinnoilla 1. Emissiokertoimeen vaikuttaa säteilyn aallon pituus, pintalämpötila, materiaali ja kuvauskulma. Kuvauskulman muutos vaikuttaa emissioon siten, että jyrkässä kulmassa otetun kuvan emissio laskee. Kuvauksen suorituksen valmistelussa huomioidaan kuvattava materiaali ja sen emissiokertoimet . /19./

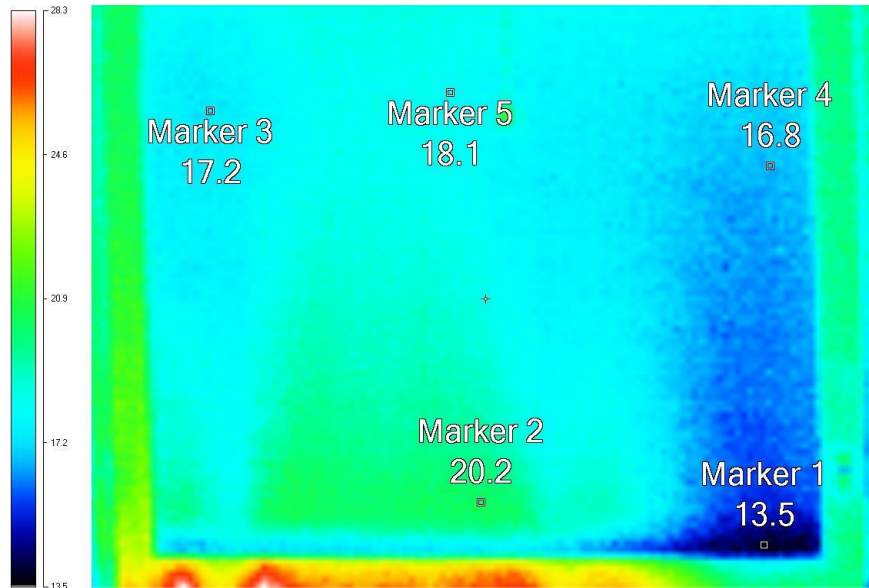
Lämpökameralla voidaan tutkia rakennuksia ja rakenteita pintoja rikkomatta. Kuvauksen avulla etsitään lämpövuotokohtia. Lämpövuotokohdat ovat eristevikoja, kylmäsiltoja tai kosteusvaurioita. Rakenteiden kuvausta voidaan tehdä ulkona tai sisällä. Ulkoa päin kuvattaessa voidaan selvittää ikkunoiden toimivuutta tai yläpohjan lämpövuotoja. Rakenteiden kylmäsilvat ulkonurkissa tai lattioiden liitoskohdissa voivat näkyä kuvuksissa muuta ulkopuolista pintaa lämpimämpänä. /19./

Ulkokuvauksissa vaikuttavat erilaiset sääolosuhteet, auringonpaiste, tuuli ja lämpötilojen muutokset. Sisäpuolelta kuvattaessa nurkat, lattian ja katon liitokset ja erilaiset läpiviennit ovat yleensä ympäristöä kylmempiä. Rakenteelliset virheet ja eristevirheet näkyvät lämpötilojen laskuna, kuten myös kastuneet rakenteet, jotka havaitaan kuvissa erivärisinä kuin muut rakenneosat. /19./

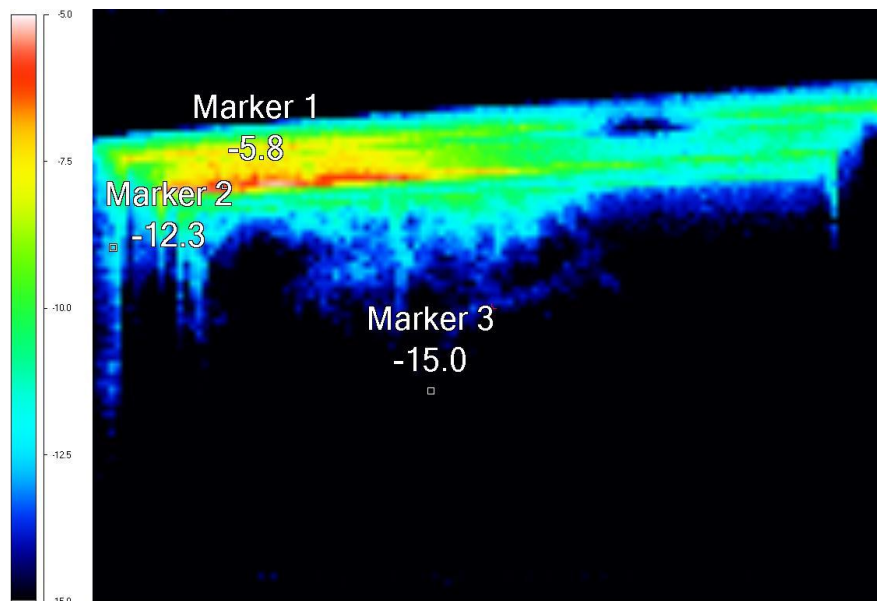
6.4.1 Lämpökamerakuvat

Alla olevat kuvat on otettu makuuhuoneen ikkunasta 10.2.2010 sekä sisältä, että ulkoa. Ulkolämpötila oli -17 °C ja sisälämpötila 21 °C. Kuvista 21 ja 22 huomaa selvästi, että ikkunan oikeasta yläosasta virtaa lämmintä ulos ja huoneeseen tulee ikkunan alaosasta kylmää ilmaa ulkoa. Vastaavasti huomataan ulkoa otetusta kuvasta, että ikkunan va-

semmällä yläosassa on lämmin kohta, jonka on aikaansaanut ilmeisesti ikkunan karmin yläosassa oleva huono tiiviste. Joka tapauksessa lämpökamera kertoo selkeästi, että lämpöä ”menee harakoille”.



Kuva 21. Lämpökamerakuva sisältä makuuhuone.



Kuva 22. Lämpökamerakuva ulkoa sama makuuhuone.

6.5 Korjausrakentamisen liikevaihto kasvussa vuonna 2008

Vähintään 20 hengen rakennusyritysten korjausrakentamisesta kertynyt liikevaihto oli vuonna 2008 kaikkiaan 3 mrd. euroa, mikä oli noin 19 prosenttia enemmän kuin edellisenä vuonna. Suurimpien rakennusyritysten koko liikevaihto oli 9,5 mrd. euroa, josta korjausrakentamisen osuus oli 32 prosenttia. /15./

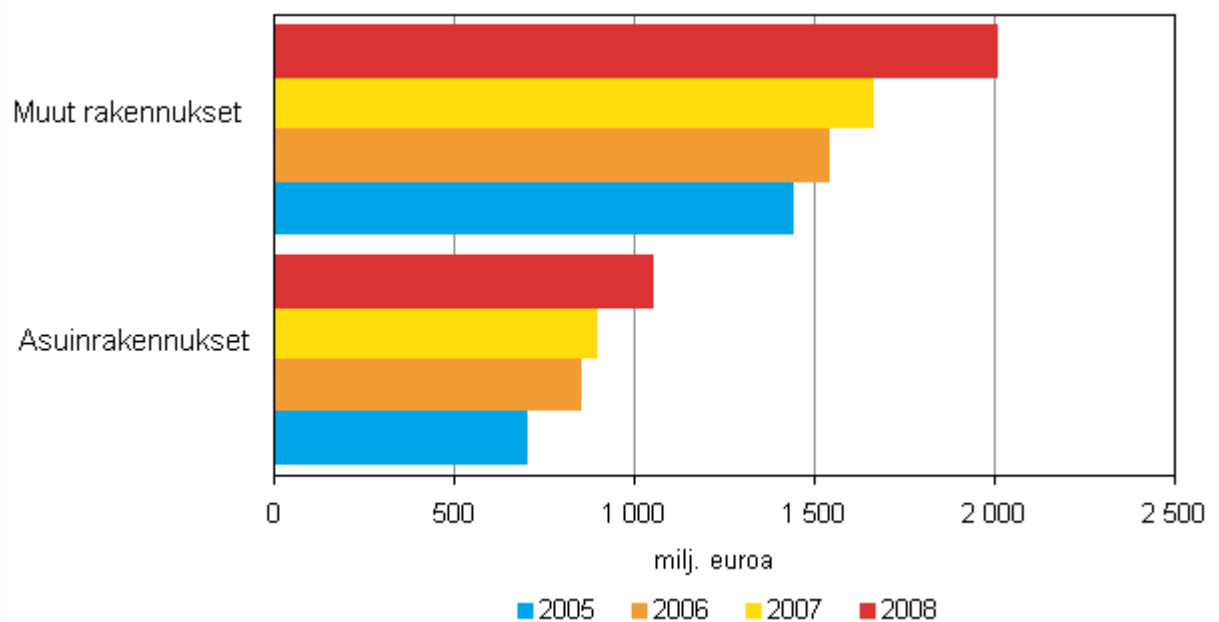
Kaikkiaan vähintään 20 hengen rakennusyritysten koko liikevaihto vuonna 2008 pysyi edellisen vuoden tasolla ollen 1,1 prosenttia suurempi kuin vuonna 2007. Ra-

kennusyritysten uudisrakentamisen liikevaihto pieneni kaikkiaan 5,6 prosenttia edellisvuoteen verrattuna. Uudisrakentamisen väheneminen on pyritty korvaamaan korjausrakentamista lisäämällä. Talonrakentamisen toimialalla työskentelevien yritysten korjausten liikevaihto kasvoi lähes kolmanneksella vuoden takaisesta. Erikoistuneen rakentamisen eli rakennusasennusten ja viimeistelyn korjausten liikevaihto kasvoi 7,5 prosentilla. /15./

Noin 65 prosenttia korjausten liikevaihdosta muodostui muiden kuin asuinrakennusten korjauksista ja näiden korjausten liikevaihto kasvoi noin kolmanneksella edelliseen vuoteen verrattuna. Myös asuinrakennusten korjausten liikevaihto kasvoi noin 16 prosentilla. /15./

Eniten korjausrakentamisen liikevaihto on kasvanut keskisuurissa (50-250 hengen) rakennusyrityksissä. Näissä yrityksissä korjausrakentamisen liikevaihto on kasvanut reilulla kolmanneksella. Alla olevassa kuvassa 19 on vuosina 2005 – 2008 tilastokeskuksen laatima kustannusvertailu asuin- ja muut rakennukset. Pientaloja ei ole erikseen tilastoitu. /15./

Kuvassa 23 näkyy suurten rakennusyritysten investointien kohteet vuosina 2005-2008. Uskon, että sama suuntaus on myös pientaloissa. Rakennuskanta vanhenee ja energian hinnan nousu saa aina investointeja käyntiin.



Kuva 23. Suurten rakennusyritysten korjausrakentamisen kohteet 2005-2008. /15./

7 POHDINTA

Tulevaisuudessa ikkunan valmistajat varmasti paneutuvat entistä tarmokkaammin ikkunoiden tuotantolinjojen uudistamiseen. Suomessa on huomattavan monta eri ikkunavalmistajaa ja kaikilla ei ole taloudellisesti mahdollista lähteä tuotekehityksessä olemaan markkinajohtaja. Tosin Suomessakin eräs ikkunavalmistaja myy kahdella eri tuotemerkillä samoja ikkunoita. Markkinat ovat pienet, mutta kuka ensimmäisenä tuotteensa saa markkinoille, on yleensä etulyöntiasemassa kilpailijoihin nähden.

Tulevaisuudessa ikkuna U-arvoa voidaan pienentää, kun ikkunapuitteiden materiaaleihin ja kokoon kiinnitetään huomiota. Nykyisin ikkunalasien U-arvo on riittävän hyvä, mutta ikkunan kokonaisarvo lasketaan ikkunan ja puitteen suhteista. Tällä hetkellä markkinoilla olevien ikkuna- ja puiteosien U-arvo on $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Uskon, että arvo vielä voi siitä pudota hieman, mutta eteen saattavat tulla ikkunan huurtumis- ja kostumishäiriöt. Markkinoille onkin tullut komposiitista valmistettuja ulkopuitteita, joiden lämmöneristävyys on 400-kertainen verrattuna alumiiniin. Tuotekehitys siis jatkuu huimaa vauhtia, hyvä niin. Asukkaat arvostavat ikkunoissa hyvää lämmöneristävyyttä. Tämä käy ilmi esimerkiksi juuri valmistuneesta **Markku Vuolteenahon** diplomityöstä *Käyttäjien tyytyväisyys suomalaisiin ikkunoihin*. Sitä tehtäessä ihmisiltä kyseltiin muun muassa mielipiteitä ikkunoiden tärkeimmistä ominaisuuksista. Lämmöneristävyys sijoittui listan kärkipäähän, kun taas ikkunan hankintahintaa pidettiin yleensä melko toissijaisena seikkana.

Ikkunan ominaisuuksiin voidaan kiinnittää huomiota muun muassa uusien ikkunoiden karmi- ja puitemateriaaleihin, heloitukseen, ikkunan eri osien kokoihin, ikkunoiden kautta toteutettaviin ilmanvaihtoratkaisuihin sekä erilaisiin lisävarusteisiin, kuten sälekaihtimiin. Ikkunan ääneneristävyys paranee aina vaihtamisen yhteydessä, koska uuden ikkunan ilmanpitävyys on vanhaa parempi. Uuden ikkunan karmisyyvyys voidaan myös valita vanhasta poikkeavaksi. Mikäli seinä on paksu ja ikkunan ääneneristystä halutaan tehostaa, yksi mahdollisuus on lisätä karmisyyvyttä alkuperäisestä.

Kuluneena vuonna rakennusten energiatehokkuus on ollut viimeaikoina paljon esillä pakolliseksi vuonna 2010 tulleen energiatodistuksen ansiosta. Ainakin aiheen näkyvyydestä päätellen voisi kuvitella tietämyksen lisääntyneen ja uusien pientalorakentajien kiinnostuksen tuomia energiasäästöjä kohtaan kasvaneen. Mille tasolle energia-

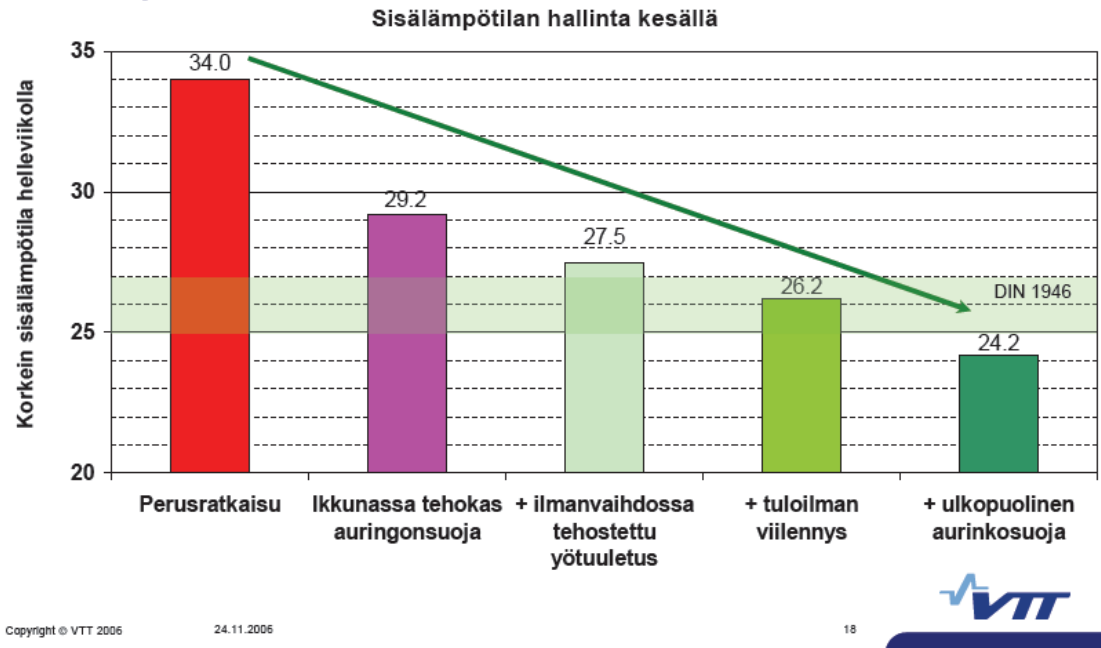
tarkastuksen hinta olemassa oleville rakennuksille tulee lähivuosina juurtumaan, vaikuttanee paljon siihen, kuinka yleisesti omakotitalon omistajat rakennustaan ilman myyntiaikeita haluavat arvioida. Tarkastuksen yhteydessä esitettävät parannusehdotukset energiansäästöpotentiaaleineen saisivat varmasti monen harkitsemaan peruskorjausta ja lisäeristämistä aiemmin kuin talon elinkaaren mukaisesti olisi tarve. Koska suurin osa taloista on jo vuosikymmeniä vanhoja, nousevat korjausrakentamisen mahdollisuudet rakennuksen energiatehostamisessa suureen asemaan tulevaisuudessa.

Rakennuskannassa piilee suuri säästöpotentiaali kansainvälisten ja kansallisten energiansäästötavoitteiden kiristyessä tulevaisuudessa. Suomen rakennusmääräykset ovat jääneet viime vuosikymmenten aikana jälkeen muun Euroopan kehityksestä. Tärkeimmät tekijät energiatehokkaassa rakentamisessa ovat hyvä eristys, rakennuksen tiiveys sekä lämpökuormien hyödyntäminen talvisin ja välttäminen kesäisin. Pientaloissa päästään helposti alle puoleen ja pienellä vaivalla jopa yhteen neljäsosaan rakennusmääräysten mukaisen talon energiankulutuksesta, eivätkä rakennuskustannukset nouse juuri 5 % enempää. Matalaenergiaikkunoiden lisäkustannukset ovat olleet vain 25 - 75 €/m² normi-ikkunoihin verrattuna.

Energiatehokkaat ikkunat eristävät hyvin lämpöä ja suojaavat liialliselta auringon säteilyltä. Perinteisestä, kolmilasisesta ikkunasta karkaa vuodessa lämpöä eli laskennallinen vuotuinen energiankulutus on noin 145 kWh/m²/a ja nelilasisesta A-energialuokan ikkunasta vain 37 kWh/m²/a.

Kuvitelkaamme toisaalta, kuka muu maailmassa tarvitsee lasin, joka heijastaa auringon lämpösäteestä suurimman osan pois? Maailman kuumat maat, joissa aurinko paiskaa huoneisiin. Matalaenergiaikkunoita käytetään maailmalla juuri sen vuoksi, että huoneistojen jäähdytykseen ei tarvitse käyttää niin suurta energiamäärää. Lisäksi tehokkaalla yöaikaisella tuuletuksella ja päiväsaikaan jäähdytys pitämällä katkaistuna, voidaan asuinhuoneen sisälämpötila pitää siedettävänä, ilman jäähdytystä. Alla olevassa kuvassa 24 huomataan asunnon korkein lämpötila helleviikolla, kun käytetään erilaisia viilennyskeinoja aurinkoenergian lämmön sisääntulon estämiseksi.

Energiatehokkaassa talossa pitää huolehti myös kesäajan sisälämpötilan hallinnasta



Kuva 24. Korkein sisälämpötila helleviikolla eri viilennyskeinoilla. /8./

Itse henkilökohtaisesti suosittelen vastaavan tyyliin pientaloihin, kuin esimerkki kohteessa on, valitsemaan sellaiset matalaenergiaikkunat, jossa on ikkunoiden yläpuolella säädettävä raitisilmaventtiilit. Painovoimainen talo saattaa tulla liian tiiviiksi ja asumismukavuus varmasti kärsii, jos ajatellaan pelkästään energiatehokkaasti säästöjä. Samoin tulisijat vaativat korvausilmaa huomattavasti.

Itse toivoisin valtiovallalta lisäpanostusta energian säästöön, esimerkiksi antamalla tietyn % osuuden huojennuksen lisälämmöneristykseen tai ikkunaremonttiin. Toki tämä nykyinen kotitalousvähennys 3000 euroa/ henkilö on jo huomattava panostus, jonka hyvätulaiset osaavat hyödyntää vaikka siivousapuna. Pienituloisille henkilöille on olemassa avustuksia, joilla voidaan myöntää ympärivuotisessa omassa asuinkäytössä olevin pientalojen omistajille laite- ja materiaali-investointeihin, joilla parannetaan asuntojen energiataloutta ja vähennetään energiankäytöstä aiheutuvia päästöjä, sekä lisätään uusiutuvien energiamuotojen käyttöönottoa. Tätä avustusta voi saada sellaisen asuinrakennuksen omistaja, jos asuinrakennuksessa on enintään kaksi asuinhuoneistoa. Ruokakunnan tulot eivät saa ylittää asetettuja rajoja. Avustuksen myöntää valtion asuntorahasto ja sitä haetaan oman asuinkunnan palvelupisteistä. Vuonna 2010 korjaus- ja energia-avustuksia haettaessa noudatetaan yleistä valtakunnallista hakuaikaa, joka päättyy kaikkien avustusmuotojen osalta 9.4.2010. Varallisuus vaikuttaa

avustuksen myöntämiseen siten, että bruttotulot saavat olla yksihenkisellä 1230 €/kk ja kaksihenkisellä perheellä 2055 €/kk. Tulorajoja korotetaan 795 eurolla kutakin lisähenkilöä kohden.

Kiinteistön arvon nousu on myös ikkunainvestoinnin jälkeen varmasti kannattava eli rahat eivät mene hukkaan. Toivon mukaan tätä artikkelia lukiessa innostut kilpailuttamaan oman kiinteistösi ikkunat uusilla energiaikkunoilla. Investointi on varmasti kannattava ratkaisu, tosin elinkaarilaskennalla voidaan eri variaatioiden vuoksi saada huomattavasti poikkeavia tuloksia. Arvioikaamme itse, mikä on oikea tapa!

Lähteet

1. <http://www.skaala.com/cgi-bin/webio-f?id=6&saitti=skaala> Luettu 11.4.2009.
2. <http://www.energiatehokaskoti.fi/midcom-serveattachmentguid-236f8ce84189750d2a7f28f9bc9fe811/valitse-hyvin-eristavat-ikkunat.pdf>
3. Virtanen, Martti, J.2008. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi uudistuu ja tiukenee. Rakennuslehti.38/2008.s.19. Luettu 14.1.2008.
4. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2008. EU-maiden ilmasto- ja energia-paketti. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi>. Päivitetty 20.3.2009. Luettu 1.12.2008.
5. Motivan tiedotus. 2008. Asuinkiinteistöalan energiansäästösopimus. WWW-dokumentti. <http://www.motiva.fi/energiainsaastoojhelma>. Päivitetty 20.3.2009. Luettu 5.11.2008.
7. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2009. Energiatehokkuutta parantavat rakentamismääräykset annettu 22.12.2008. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi>. Luettu 17.1.2008.
8. <http://passiivitalo.vtt.fi/files/passiivitalon%20lammitys.pdf> Luettu 12.1.2009
9. <http://www.vero.fi/default.asp?article=4968&language=FIN> Luettu 12.1.2009
10. http://www.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-b1a77a2cb37c2d01bc0f90b314560230/luokituslista_skaala_020708.pdf Luettu 5.11.2008.
11. <http://edu.lut.fi/LutPub/web/nbnfi-fe20011231.pdf> Luettu 12.1.2009 Luettu 5.11.2008.
12. <http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/Elinkaari/luentomateriaali/Luento14.pdf> Luettu 8.11.2009.
13. RIL 216-2001. 2001. Rakenteiden elinkaaritekniikka. Suomen rakennusinsinööri-liitto RIL R.Y. 301 s. ISBN 951-758-414-8, ISSN 0356-9401
14. www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf Luettu 5.1.2010.
15. http://www.stat.fi/til/kora/2008/02/kora_2008_02_2009-10-16_tie_002.html Luettu 5.3.2010.

16. Saari, Mikko. 2004. Matalaenergiatalot ja sähkölämmitys

17. <http://www.vn.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedote/fi.jsp?oid=236864>

18. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=51696&lan=fi>

19. TTY:n ohjekirja. 2009. Lämpökamera. Rakennustekniikanlaitos. TTY. Luettu 13.1.2008

20. <http://www.ara.fi/download.asp?contentid=22589&lan=fi>
Luettu 16.4.2010

21. Tutkimusraportti No RTE3785/02 Juhani Laine ja Mikko Saari
Luettu 16.4.2010

22. http://www.kivitaloinfo.fi/uploads/files/pdf/harkko_matala_yleissuunnohje.pdf
Luettu 16.4.2010

A 19.6.2007/765. Asetus rakennusten energiatodistuksesta.

L 13.4.2007/487. Laki rakennuksen energiatodistuksesta.

Etu Sukunimi
Ketunniementie xx
50xxx Mikkeli
aaa.bbb@mamk.fi
GSM xxxx 909 770

TARJOUSPYYNTÖ
17.11.2008

Ikkunavalmistajat

Tarjouspyyntö omakotitalon matalaenergiaikkunoiden vaihtamiseksi

Opiskelen aikuisopiskelijana Ylemmän Ammattikorkeakoulun tutkintoa ja tarkoitukseni on selvittää omaan talooni ekologinen, ympäristöystävällinen ja kustannustehokas investointitarve. Teen lopputyön tästä samasta kohteesta, vertailen takaisinmaksuaikaa, viihtyisyyttä, jälleenmyyntiarvoa ja työn osalta otan huomioon kotitalousvähennyksen. Liitteessä 1 on selostettu tarkemmin kohteen tietoja.

Perheelläni on vuonna 1981 rakennettu kaksikerroksinen omakotitalo Mikkeliissä. Asuinpinta-ala 172 m² ja kokonaispinta-ala 300 m². Kohde sijaitsee asemakaava-alueen ulkopuolella, mutta matkaa torille on alle viisi kilometriä. Kohteen sijaitsee järven rannalla, julkisivu on tiiliverhottu. Kohteeseen olen investoinut ekologisesti mielestäni oikeaan aikaan, kohteessa on maalämmitys ja katossa perusvillan lisäksi 25 cm puhallusvillaa lisätty kesällä 2006 kattoremontin yhteydessä..

Mikäli haluatte julkisivukuvat, voin lähettää ne s-postilla. Alla olevassa taulukossa on metrimittalla otetut noin mitat. Ilmeisesti mitat ovat ”standardimittoja”, joten mittanauhani mitat pitää varmistaa asiakaskäynnillä, mikäli päätän toteuttaa kohteen. Mahdollinen asennusaika olisi kesällä 2009. Nykyiset ikkunat ovat punaharmaa sävyiset.

Pyydänkin siis eriteltynä ikkunoiden osalta hintatarjouksen ja asennustyön eriteltynä. Ikkunoiden pitää olla matalaenergia-ikkunoita, energialuokka A ja niiden U-arvo pitää siis olla alle 1W/m² K. Ikkunoiden saranat tulee olla sinkittyä terästä ja tavalliset ikkunat varustetaan metallisin kromatuin lukkokilvin. Tuuletusikkunat varustetaan pitkäsalvalla ja, kytkentähelalla ja kiintopainikkeella. Perushinnan voi

laskea maalatulla valkoisella puitteella. Tarjouksen tekemistä varten on mahdollista tutustua kiinteistön ikkunoihin sopimalla ajan Etu Sukunimen kanssa. Pyydän toimittamaan tarjoukset 15.12.2008 mennessä yllä mainittuun osoitteeseen.

kpl	koko	kohde	tuuletusluukku
7	118 * 118 cm + 29 * 118 TL	mh, k	on
2	118 * 158 cm	olohuone	ei
1	118*56cm + 29 * 56 TL	pesuhuone	on
2	118 * 56 cm	porrasaula	ei

Leveys*korkeus cm

Mikkelissä 17.11.2008
Etu Sukunimi

Lisätietoja: Ikkunoiden vaihto

Yleistä

Rakennus on puurunkoinen, tiiliverhottu vuonna 1981 valmistunut omakotitalo. Rakennuksen huoneistoala on 172 m², kokonaisala 300 m².

Nykyiset ikkunat

Nykyiset ikkunat ovat tummaksi kuultokäsiteltyjä MST-ikkunoita. Ikkunat on kiinnitetty seinään ruuveilla ja karmit eristetty villalla. Ikkunan ja seinän välinen sauma on peitetty sisä- ja ulkopuolelta puulistalla. Ikkunoissa on säleiköllä varustetut tuuletusluukut.

Nykyisten ikkunoiden kunto

Ikkunoiden ulkopinnan puumateriaali on vaurioitunut erityisesti eteläjulkisivulla. Karmin verhoukslaudat ovat monin paikoin käyristyneet, halkeilleet ja osittain irronneet. Samoin ulkopuitteen alaosan puutavara on vaurioitunut. Muutama ulkopuite on niin pahoin vaurioitunut, että ne tarvitsisi uusia, mikäli vanhat ikkunat kunnostettaisiin.

Puitteiden lasituskittaus on irronnut, minkä vuoksi lasit helisevät. Puitteiden nurkkaliitokset ja saranat ovat löystyneet. Lukot ovat pääsääntöisesti jäykät ja lukkojen vastakappaleita on vääntynyt. Ikkunoiden tiivisteet ovat pääsääntöisesti huonossa kunnossa ja vaativat uusimista.

Nykyiset ovet

Ulko-ovet on vaihdettu kesällä 2007 energiaoviksi.

Uudet ikkunat

Omakotitalon ikkunoiksi vaihdetaan alumiinisella ulkopuitteella ja karmin ulkopinnan verhouksella varustetut puiset MST-ikkunat. Ikkunoiden puuosat ovat valkoiseksi maalattuja ja alumiiniosat ovat valkoiseksi polttomaalattua alumiinia. Sisäpuutteen lasituslistat tulee olla valkoiseksi maalattua puuta ja ulkopuitteen lasi tulee olla kiinnitetty alumiinisella lasituslistalla.

Ikkunoiden tiivisteet tulee olla urakiinnitteisiä profiilitiivisteitä, jotka on valmistettu joko silikonista tai EPDM-kumista (ei kuitenkaan EPDM-solukumista). Sisäpuutteessa tulee olla kaksi tiivistettä, joista toinen voi olla kiinnitetty karmiin. Ulkopuitteessa on yksi tiiviste, jonka ylänurkissa on tuuletusraot.

Ikkunoiden tekniset ominaisuudet

Sikä avattavien että kiinteiden ikkunoiden lämmöneristävyyden tulee olla sellainen, että niiden energialuokitus on tasoa A.

Huoneiston ikkunoiden liikennemelun ääneneristysluku (R_w+C_{tr}) tulee olla vähintään 35 dB.

Tarjouksessa tulee esittää luotettava tieto tarjottujen ikkunoiden keskimääräisestä lämmönläpäisykertoimesta ja ääneneristävyydestä I 2M x I 2M kokoiselle ikkunalle.

Ikkunoiden tulee täyttää standardin SFS-EN 12207 luokan 4 ilmanpitävyys, standardin SF5-EN 12208 luokan E750 sateenpitävyys ja standardin SF5-EN 12210 luokan C3 tuulenpaineenkestävyys.

Ikkunoiden lasiosa

Eristyslasin lasit ovat vähintään 4 mm:n paksuisia. Ikkunoiden lasien paksuuden mitoituksessa noudatetaan muuten RT-korttia RT 38-103 16 ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osan F2 ohjeita. Eristyslasilla tulee olla vähintään 10 vuoden takuu, minkä aikana ikkunavalmistaja vaihtaa harmaantuneet eristyslasit veloituksetta.

Ikkunoiden laatu

Ikkunoiden puupintojen maalauksen laatu tulee olla RT-kortin RT 29-10432 mukainen. Alumiinisten osien suhteen tulee noudattaa standardissa SFS 5795 "Puu-alumiini-ikkunoiden alumiinirakenteet. Yleiset ominaisuudet ja vaatimukset esitetyt laatuvaatimuksia. Lisäksi ikkunoilla ja eristyslaseilla tulee olla joko VII Sertifikaatti tai ne tulee kuulua SFS-Sertiflointi Oy:n laadunvalvonnan piiriin.

Ikkunoiden helat

Ikkunoiden saranat tulee olla sinkittyä terästä. Tavalliset ikkunat varustetaan metallisin, kromatuin lukkokilvin ja irtopainikkein. Tuuletusikkunassa tulee olla kiinteä kromattu painike, pitkäsalpa sekä kytkinhelat sisä- ja ulkopuitteen välissä. Jokaiseen huoneistoon toimitetaan 2 kappaletta irtopainikkeita.

Poikkeamat ikkunoiden nykymitoituksesta ja -tyypeistä

Huoneistojen ikkunoissa olevat tuuletusluukut korvataan samankokoisilla tuuletusikkunoilla. Tuuletusikkunat varustetaan pitkäsalvalla, kytkentähelalla ja kiintopainikkeella. Nykyisten ikkunoiden karmit ja puitteet ovat väriltään tummia ja uusien ikkunoiden karmit ja puitteet ovat valkoiseksi maalatut.

Porraskäytävän ikkunat ovat on sivusaranoituja.

Ikkunoiden määrät ja koot

Etusivulla on ikkunaluettelo, josta selviää ikkunoiden likimääräiset koot ja määrät. Ikkunaluettelossa esitetyt mitat on tarkoitettu tarjouslaskennan avuksi eikä ikkunoiden valmistamista varten. Mitat ja kätisyydet tulee varmistaa ennen ikkunoiden toimittamista. Nykyisten ikkunoiden karmisyyvyys on noin 170 mm, paitsi parvekkeikkunan karmisyyvyys on noin 130 mm.

Asennus

Uudet ikkunat ja ovet kiinnitetään ruuveilla. Karmiin tehdään upotukset ruuvinkantaa varten ja ne tulpataan valkoisilla muovitulpilla. Ikkunan ja seinän välinen rako tiivistetään PUR-vaahdolla. Asennuksessa on huolehdittava, ettei näkyviin jääviä pintoja sotketa vaahdolla.

Karmin ja seinän välisen sauman päälle asennetaan sisäpuolella valkoiseksi maalattut mäntylistat, jotka sahataan jiirikulmiin. Pesuhuoneiden listojen maalin tulee kestää kosteusrasitusta. Sauman ulkopinta kitataan betonielementtisaumauksissa käytettävällä elastisella saumausmassalla.

Asennuksessa noudatetaan RunkoRYL2000:n ohjeita.

Vesipellit

Ikkunoiden vesipellit uusitaan käyttäen kuumasinkittyä muovipinnoitettua teräspeltiä. Peltien mitoituksessa ja asennuksessa tulee soveltaa RT-kortin RT 41-10110 ohjeita.

Raitisilmaventtiilit

Makuuhuoneiden ja parvekkeettomien olohuoneiden ikkunoiden karmiin asennetaan suodattimelta varustettu ääntä vaimentava rakoventtiili, jonka yksikköeristysluku liikennemelulle ($D_{n,e,w}+C_{tr}$) on vähintään 45 dB. Venttiilejä on yhteensä 7 kappaletta.

Olohuoneen parvekeseinään tehdään reikä, johon asennetaan suodattimella varustettu, ääntä vaimentava korvausilmaventtiili, jonka yksikköeristysluku liikennemelulle ($D_{n,e,w}+C_{tr}$) on vähintään 45 dB.

Raitisilmaventtiilien tyypit tulee hyväksyttää tilaajalla ennen urakkasopimuksen tekemistä.

Urakoitsija vastaa

- ikkunoiden mitoituksesta
- vanhojen ikkunoiden irrotuksesta ja poiskuljetuksesta
- uusien ikkunoiden kuljetuksesta, varastoinnista ja asennuksesta
- jätteiden poiskuljetuksesta ja kaatopaikkamaksuista
- vesipeltien, seinäverhouksien, listoitusten ja kittausten asentamisesta
- lattialle asennuksessa tulleiden roskien poistosta
- ikkunoiden pesusta
- mahdollisten aliurakoitsijoidensa työstä
- aiheuttamiensa vaurioiden (ikkunat, ikkunoiden pielet, seinä-, lattia- ja kattopinnat sekä asukkaiden omaisuus) korjaamisesta ja korvaamisesta.

Kiinteistö vastaa

- ikkunaremonttiin tarvittavien viranomaislupien hankinnasta
- remonttimiesten esteettömästä pääsystä ikkunoiden luokse
- riittävien työtilojen tekemisestä ikkunoiden eteen
- tilojen järjestämisestä pihalta ikkunoiden ja jätteiden tilapäistä varastointia varten
- työmiesten pukeutumis- ja WC-tilojen järjestämisestä
- asennustyössä tarvittavan sähkön järjestämisestä

Aikataulu

Ikkunaremontti alkaa sopimuksen mukaan, mutta kuitenkin viimeistään 15.9.2009 ja kestää enintään 2 kuukautta aloituspäivästä laskettuna.

Työn toteutus

Asunnon vanhan ikkunan irrotus, uuden asennus, tiivistys, listoitus sekä siivous ja pesu on suoritettava kolmen peräkkäisen työpäivän aikana. Parvekeseinään tehtävän ulkoilmaventtiilin asennus voidaan tehdä erikseen sovittavana ajankohtana ikkunaremontin aikana.

Urakan viivästyminen

Tilaaja pidättää urakan valmistumisen viivästyessä 1 % urakkasummasta jokaiselta alkavalta viikolta. Korvaus viivästymisestä on kuitenkin enintään 10% urakkasummasta.

Takuuaika

Ikkunoilla ja asennustyöllä tulee olla 10 vuoden takuu, joka aikaa siitä, kun tilaaja on vastaanottanut ikkunaremontissa tehdyt työt sekä mahdollisten vikojen korjaukset.

Urakkatarjouksen voimassaolo

Tarjouksen tulee olla voimassa 3 kuukautta tarjouksenjättöpäivästä.